

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-111

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних занять та виконання самостійної
роботи
з навчальної дисципліни **«Методологія наукових досліджень»**
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Водопостачання та водовідведення»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
Навчально-наукового інституту
будівництва та архітектури
Протокол №5 від 05.05.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до проведення практичних занять та виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Методологія наукових досліджень» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водопостачання та водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання [Електронне видання] / Мартинов С. Ю. – Рівне : НУВГП, 2020. – 74 с.

Укладач: Мартинов С. Ю., докт. тех. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск – Мартинов С. Ю., докт. тех. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» – Бабич Є. М., докт. тех. наук, професор.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
I. ПРАКТИЧНІ РОБОТИ	3
1. Методологія підготовки магістерської роботи.....	3
2. Лабораторна база для виконання наукових досліджень.....	18
3. Обчислення похибок результатів вимірювань та розрахунків	27
4. Регресійний аналіз експериментальних досліджень.....	35
5. Моделювання багатofакторних процесів водопостачання та водовідведення.....	40
6. Оформлення магістерської роботи	46
7. Складання та структурування патенту	53
II. САМОСТІЙНА РОБОТА.....	70
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	71

© Мартинов С. Ю., 2020
© НУВГП, 2020

ВСТУП

Постійне підвищення добробуту населення, його інтелектуальне зростання безпосередньо залежить від рівня розвитку науки. Розвиток методології наукових досліджень створює передумови для підготовки висококваліфікованих магістрів, які здатні до творчої діяльності, наукового мислення в поєднанні з практичним застосуванням новітніх досягнень в науці та техніці.

Основною метою викладання навчальної дисципліни є надання студентам теоретичних і практичних знань та вмінь щодо методології, методики і ліцензування наукових розробок у фаховій галузі.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: основи методології наукових досліджень; принципи та методи проведення наукових досліджень; основи патентування та ліцензування наукових розробок; вміти: проводити пошук науково-технічної інформації та складати її огляд; планувати та проводити експериментальні дослідження, правильно оформляти й аналізувати їх результати; складати опис винаходу та договір на ліцензування наукової розробки.

I. ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Результати виконання кожної практичної роботи оформлюються на паперовому носії інформації (зошиті). В кінці кожної практичної роботи студент подає викладачу результати її виконання, а викладач оцінює ступінь виконання та заносить отримані бали у журнал. В разі невиконання певної практичної роботи з об'єктивних причин, студенти мають право, за дозволом директора інституту, її відпрацювати. Час та порядок відпрацювання визначається викладачем.

1. Методологія підготовки магістерської роботи

Магістерська робота є кваліфікаційною випускною роботою, що готується самостійно студентом, який навчається у магістратурі, та повинна відповідати сучасному рівню розвитку

науки та техніки, мати науково-дослідну та практичну складову, тема повинна бути актуальною. В науково-дослідну складову входять: аналітичний огляд літератури; обґрунтування та постановка теми дослідження; опис використаних методик та дослідних установок; аналіз отриманих результатів і висновки. В практичну складову входять: розробка конструкторських, технологічних, організаційних рішень; техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Залежно від обраної теми, можливостей магістранта, лабораторної бази та за узгодженням між керівником та магістрантом приймається співвідношення між науково-дослідною та практичною частинами.

Магістерська робота повинна бути обсягом 3-5 авторських аркушів та містити:

- * титульний аркуш;
- * анотація;
- * завдання на виконання магістерської роботи;
- * зміст;
- * перелік умовних позначень (за необхідності);
- * вступ;
- * основна частина;
- * додаткові розділи (технологія та організація будівництва, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях);
- * загальні висновки;
- * список використаних джерел;
- * додатки (за необхідності).

Орієнтовну тему магістерської роботи студент повинен отримати не пізніше, як перед від'їздом на наукову практику. Критерії вибору теми магістерської роботи:

- * перспективність («дисертабельність» для дисертаційних робіт);
- * актуальність для вирішення вузьких завдань на практиці. Вона встановлюється через аналіз міждержавних та державних наукових програм, планів законодавчих ініціатив, урядових та відомчих програм діяльності та планів наукових робіт, запити практиків тощо. Актуальність також може виявлятися у виступах фахівців;

* неузгодженість теоретичних засад чи конструкцій. Це встановлюється через ознайомлення із монографічною літературою позиції науковців, аналіз концептуальних ідей прийнятого рішення та їх прояв (негативний) на практиці, висловлені критичні зауваження тощо;

* наявність спеціалістів, які можуть забезпечити ефективне керівництво та консультування;

* наявність обладнання та лабораторної бази для виконання досліджень;

* перспективи фінансування за рахунок замовника. Поєднання власного наукового інтересу може збігатися із комерційним інтересом бізнесу, який погодиться оплатити витрати чи придбати майнові права на використання розробки.

Під час проходження науково-дослідної практики, студент збирає вихідні дані. Після закінчення науково-дослідної практики тема магістерської роботи уточнюється керівником і видається офіційне завдання, де вписуються основні вихідні дані, зміст магістерської роботи та графічного матеріалу, календарний план виконання роботи.

Повні вихідні дані на основі зібраною матеріалу та згоди керівника відображаються в першому розділі.

Титульний аркуш роботи оформлюється згідно зразка.

*Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи*

Прізвище Ім'я По батькові магістра

*МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
Назва магістерської роботи*

*Освітньо-професійна програма – водопостачання та
водовідведення
Спеціальність – 192 «Будівництво та цивільна інженерія»*

Галузь знань – 19 «Архітектура та будівництво»

*Магістерська робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Прізвище та ініціали магістра
(підпис)*

Науковий керівник: Прізвище та ініціали, наукова ступінь, вчене звання керівника

Рівне – 2021

Для ознайомлення зі змістом та результатами магістерської роботи подається анотація – узагальнений короткий виклад її основного змісту. В анотації мають бути стисло представлені основні результати дослідження із зазначенням наукової новизни та практичного значення. В анотації також вказуються: прізвище та ініціали магістра; назва магістерської роботи; спеціальність (шифр і назва) та освітньо-професійна програма (назва); найменування вищого навчального закладу, у якому здійснювалася підготовка; місто, рік. Наприкінці анотації наводяться ключові слова. Сукупність ключових повинна відповідати основному змісту магістерської роботи, відображати тематику дослідження та забезпечувати тематичний пошук роботи. Кількість ключових слів становить від п'яти до десяти. Ключові слова подають у називному відмінку, друкують в рядок через кому. Обсяг анотації до 4 сторінок. Після ключових слів наводиться список публікацій магістра за темою магістерської роботи (за наявності).

АНОТАЦІЯ

Грицай О.М. Обґрунтування оптимальних параметрів прояснювальних фільтрів при знезалізненні підземних вод. – Магістерська робота.

Магістерська робота на присвоєння кваліфікації інженера-будівельника за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна

інженерія», освітньо-професійною програмою «Водопостачання та водовідведення». – Національний університет водного господарства та природокористування, 2020.

Зміст анотації

Ключові слова

Список публікацій магістра

Вступ розкриває сутність і стан наукової проблеми (завдання) та її цінність, підстави та вихідні дані для розробки теми, обґрунтування необхідності проведення дослідження. Далі подають загальну характеристику роботи в рекомендованій нижче послідовності. Шляхом критичного аналізу та порівняння з відомими рішеннями проблеми (наукового завдання) обґрунтовують актуальність та доцільність роботи для розвитку відповідної галузі науки або виробництва, особливо на користь держави. Коротко викладають зв'язок вибраного напрямку досліджень з планами організації, де виконана робота, а також з галузевими та (або) державними планами та програмами.

Магістерську роботу виконано у відповідності з кафедральною науковою тематикою «Розробка ресурсоекономних споруд, обладнання та схем очистки природних і стічних вод населених пунктів та промислових підприємств» (номер держреєстрації 0118 U 001639).

Формулюють мету роботи та завдання, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети.

Метою магістерської роботи є удосконалення технології та технічних засобів знезалізнення підземних вод на установках, які дозволяють суміщати водоочисні споруди з металевими водонапірними баштами в системах водопостачання сільських населених пунктів.

Завдання досліджень:

** провести аналіз існуючих технологічних схем знезалізнення води в баштових установках, де суміщено напірно-регулюючу та водознезалізняючу споруди;*

** встановити раціональні параметри знезалізнення підземних вод з концентрацією заліза до 5 мг/дм^3 аерацією та фільтруванням на пінополістирольному фільтрі з перервним фільтроциклом;*

** обґрунтувати гранулометричний склад комбінованої пінополістирольної засипки фільтра;*

** визначити параметри циклічності у роботі металевих водонапірних башт на існуючих водопровідних системах сільських населених пунктів;*

** визначити параметри промивання пінополістирольної засипки для забезпечення якісної регенерації та подальшого функціонування фільтру;*

** дослідити ефективність знезалізнення води на установці баштового типу у виробничих умовах;*

** розробити рекомендації та запроектувати башкову станцію знезалізнення води для с. Привільне.*

Об'єкт дослідження – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію й обране для вивчення. Предмет дослідження міститься в межах об'єкта. Об'єкт і предмет дослідження як категорії наукового процесу співвідносяться між собою як загальне та часткове. В об'єкті виділяється та його частина, яка є предметом дослідження. Саме на нього спрямована основна увага магістранта, оскільки предмет дослідження обумовлює тему магістерської роботи.

Об'єкт досліджень – процес водопостачання та водопідготовки у сільських населених пунктах, живлення яких здійснюється з підземних джерел з загальною концентрацією заліза у воді до 5 мг/дм^3 .

Предмет досліджень – режими та параметри сумісної роботи водонапірної установки баштового типу з пінополістирольним фільтром, яка працює у перервному режимі водоподачі.

Далі наводять перелік використаних методів дослідження для досягнення поставленої в роботі мети. Перераховувати їх потрібно відповідно до змісту роботи, стисло та змістовно розкриваючи, що саме досліджувалось тим чи іншим методом. Це дасть змогу пересвідчитися у логічності та вірності вибору саме цих методів.

В роботі використовувалися фізичне та математичне моделювання процесу контактного знезалізнення води, точні та наближені методи розв'язування систем диференціальних рівнянь з використанням додатку MathCAD, імітаційного моделювання, методу динамічного осереднення. При проведенні експериментальних досліджень фізико-хімічні показники якості води визначалися згідно Національного стандарту України «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості», режимів водопостачання (продуктивностей споруд) за допомогою водолічильників, об'ємним способом та окремо розроблених методик для визначення гранулометричного складу пінополістиролу, гідродинамічної стійкості осаду, кінетичних коефіцієнтів моделі, вмісту зв'язаної води в осаді. При підготовці та обробці даних експериментальних досліджень використовувалися методи планування експерименту та математичної статистики з використанням статистичного пакету MS Excel та додатку MathCAD.

В частині наукової новизни одержаних результатів наводять стисло анотацію нових наукових положень (рішень), запропонованих магістрантом особисто. Необхідно навести відмінність отриманих результатів від відомих раніше, описати ступінь новизни (вперше отримано, удосконалено, дістало подальший розвиток). Кожне наукове положення чітко формулюють, відокремлюючи його основну сутність і зосереджуючи особливу увагу на рівні досягнутої при цьому новизни. Сформульоване наукове положення повинно читатися та сприйматися легко та однозначно. До цього пункту не можна включати опис нових прикладних (практичних) результатів, отриманих у вигляді способів, пристроїв, методик, схем,

алгоритмів тощо. Потрібно завжди розмежовувати отримані наукові положення та нові прикладні результати, що впливають з теоретичного доробку магістранта. Всі наукові положення з урахуванням досягнутого ними рівня новизни є теоретичною основою (фундаментом) вирішеного в роботі наукового завдання або наукової проблеми.

Наукова новизна одержаних результатів:

** вдосконалено математичну модель фізико-хімічного знезалізнення води, що враховує нелінійні ефекти фільтрації та масообміну при трансформації та іммобілізації закису та гідроксиду заліза у фільтрувальному середовищі;*

** вперше розроблено та обґрунтовано метод і визначено раціональні тривалості фільтроциклів та строків служби засипки з урахуванням консолідації осаду, затрат на промивання та заміну забрудненого фільтрувального середовища;*

** удосконалено технологічну схему знезалізнення води в баштовій напірно-регулюючій споруді з пінополістирольним фільтром, яка працює у перервному режимі роботи;*

** вперше обґрунтовано доцільність використання комбінованої пінополістирольної засипки, що складається із 80% гранул з більшим еквівалентним діаметром та меншою питомою густиною, отриманих за допомогою пари, та 20% гранул з меншим еквівалентним діаметром та більшою питомою густиною, одержаних за допомогою киплячої води, в баштах-колонах з пристроєм для знезалізнення води;*

** отримано закономірність збільшення гідравлічного опору зернистого завантаження фільтрів через його прогресуючий кольматаж сполуками заліза з урахуванням інтенсивного зв'язування води;*

** удосконалено залежності для визначення відносного розширення плаваючої пінополістирольної засипки у процесі промивання фільтрів за умов змінного напору.*

** науково обґрунтовано просторово-функціональне комбінування споруд для аераційно-дегазаційної підготовки води та контактного фільтрування.*

Практичне значення отриманих результатів в роботі треба подавати із відомостями про наукове використання результатів досліджень або рекомендаціями щодо їх використання, а в роботі прикладного значення потрібно навести відомості про практичне застосування отриманих результатів або рекомендації щодо їх використання. Відзначаючи практичну цінність отриманих результатів, необхідно подати інформацію щодо ступеня готовності до використання або масштабів використання.

Практичне значення одержаних результатів:

** розроблено методику та комп'ютерну програму для інженерного розрахунку знезалізнювальних фільтрів, що дозволяє прогнозувати їх роботу і визначати раціональні характеристики фільтрування та технологічно-конструктивні параметри з урахуванням особливостей формування та трансформації осаду в реальних умовах;*

** розроблено та досліджено науково обґрунтовані технічні засоби контактного знезалізнення з пінополістирольною засипкою різного гранулометричного складу та способів отримання;*

** проведені дослідження дають змогу використовувати отримані дані для розрахунку і проектування баит-колон з пінополістирольним фільтром для знезалізнення підземних вод;*

** новизна розробок підтверджується патентом України на корисну модель № 10199 «Баита-колона з пристроєм для знезалізнення води»;*

** матеріали роботи використані при розробці рекомендацій на реконструкцію металевої водонапірної баити у с. Добриня.*

Якщо у магістерській роботі використано ідеї або розробки, що належать співавторам, обов'язково зазначається конкретний особистий внесок магістра в такі розробки або друковані праці; магістр має також додати посилання на роботи співавторів, у яких було використано результати спільних робіт.

Основні наукові ідеї, робочі гіпотези теоретичних і експериментальних досліджень розроблено автором особисто та визначено основні напрями досліджень. Особисто автором виконано аналітичний огляд існуючих методів, технологій та споруд знезалізнення підземних вод, встановлено особливості їх роботи в умовах підвищення енергоресурсів; розроблені та досліджені ресурсо- та енергоощадні технічні засоби знезалізнення підземних вод для питних потреб; визначені технологічні параметри роботи таких схем; розроблена математична модель знезалізнення підземних вод; виконано експериментальні дослідження для інформаційного забезпечення математичної моделі. При виконанні магістерської роботи, автор співпрацював та консультувався з керівником д.т.н., проф. Мартиновим С.Ю., а в окремих експериментальних дослідженнях зі співробітниками кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи НУВГП, результати яких відображені в спільних публікаціях.

Якщо за результатами досліджень, які представлені в роботі, магістр виступав на конференціях або має опубліковані роботи, то це обов'язково зазначається.

Апробація результатів роботи. Матеріали досліджень та основні положення роботи доповідались й обговорювались на Міжн. наук.-техн. конф. «Актуальні проблеми енергоресурсозбереження та екології» (м. Одеса, ОДАБА, 2017 р.), Міжн. наук.-практ. конф. «Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти» (м. Київ, НТУУ КПІ ім. І. Сікорського, 2017 р.). Результати роботи в повному обсязі доповідалися на попередньому захисті при кафедрі водопостачання, водовідведення та бурової справи НУВГП, м. Рівне 2021 р.

Публікації. За результатами магістерської роботи опубліковано 8 наукових праць, в тому числі 1 стаття у фаховому виданні України, 2 статті у іноземних виданнях, в тому числі 1, що індексуються в науко-метричній базі SCOPUS, 2 тези доповідей на конференціях різних рівнів, 1 патент

України на винахід та 1 патент України на корисну модель, 1 публікації в інших виданнях України.

В кінці вступу наводиться структура та обсяг магістерської роботи.

Робота викладена на 104 сторінках, 30 таблиць і 44 рисунки та складається із вступу, восьми розділів, загальних висновків, списку літератури із 25 найменувань та додатків на 10 сторінках.

Основна частина роботи складається із розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів. Кожний розділ починають із нової сторінки. Основному тексту кожного розділу може передувати передмова із коротким описом вибраного напрямку та обґрунтуванням застосованих методів досліджень. У кінці кожного розділу формують висновки із стислим викладенням наведених у розділі наукових і практичних результатів, що дає змогу вивільнити загальні висновки від другорядних подробиць.

В розділах основної частини наводять:

- * огляд літератури за темою та вибір напрямів досліджень;
- * виклад загальної методики й основних методів досліджень;
- * експериментальну частину та методику досліджень;
- * результати проведених теоретичних і (або) експериментальних досліджень;
- * аналіз і узагальнення результатів досліджень.

В огляді літератури магістр окреслює основні етапи розвитку наукової думки за своєю проблемою. Стисло, критично висвітлюючи роботи попередників, магістрант повинен назвати ті питання, що залишились не вирішеними і, отже, визначити своє місце у розв'язанні проблеми. Бажано закінчити цей розділ коротким резюме стосовно необхідності проведення досліджень у даній галузі.

У другому розділі, як правило, обґрунтовують вибір напрямку досліджень, наводять методи вирішення задач і їх порівняльні оцінки, розробляють загальну методику проведення експериментальних досліджень. В теоретичних роботах

розкривають методи розрахунків, гіпотези, що розглядають, в експериментальних - принципи дії та характеристики розробленої апаратури, оцінки похибок вимірювань.

В наступних розділах з вичерпною повнотою викладаються результати власних досліджень автора з висвітленням того нового, що він вносить у розробку проблеми. Магістр повинен давати оцінку повноти вирішення поставлених задач, оцінку достовірності отриманих результатів (характеристик, параметрів), їх порівняння з аналогічними результатами вітчизняних і зарубіжних праць, обґрунтування потреби додаткових досліджень, негативні результати, які обумовлюють необхідність припинення подальших досліджень. Результати досліджень впроваджуються в роботі у вигляді розроблених технологічних схем, пристроїв або обладнання для підготовки води, забезпечення водозабору із поверхневих або підземних джерел, інтенсифікації роботи систем подачі та розподілу води між споживачами.

Наприклад, для магістерської роботи «Реконструкція та розширення системи водопостачання населеного пункту» можна рекомендувати наступні розділи магістерської роботи:

- * Характеристика об'єкту водопостачання.*
 - * Визначення розрахункових витрат води до реконструкції та після.*
 - * Вибір джерела та схеми водопостачання.*
 - * Наукова частина в тому числі техніко-економічне обґрунтування конструктивних рішень або схем.*
 - * Водопровідні мережі. Водоводи.*
 - * Насосні станції.*
 - * Водонапірні бапти. Резервуари.*
 - * Водоочисні споруди.*
 - * Водозабірні споруди.*
 - * Спеціальні споруди водопостачання, санітарно-технічне обладнання будинків, підприємств, ферм.*
 - * Технологія та організація будівництва.*
 - * Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.*
 - * Експлуатація споруд.*
- та аркуші графічного матеріалу:*

** Плани водопровідної мережі населеного пункту до та після реконструкції.*

** Деталювання ділянки мережі та споруд на ній.*

** Профіль за контуром водопровідної мережі з нанесенням н'єзометричних ліній.*

** Водозабірні споруди.*

** Генплан та технологічна схема водоочисної станції.*

** Плани та розрізи будівлі водоочисної станції.*

** Аркуш за вибором керівника та магістра: НС-II, водонапірна башта, резервуар, дюкер, санітарно-технічне обладнання будівель, споруди повторного використання промивних вод.*

** Технологія та організація будівництва.*

** Три аркуші з наукової частини, де наводиться літературний огляд, наукові дослідження інших авторів, характеристика нового обладнання та його використання в попередніх аркушах, техніко-економічне обґрунтування конструктивних рішень або схем.*

Розділи магістерської роботи «Технологія та організація будівництва» та «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» виконуються під керівництво консультантів з відповідних кафедр. Завдання та об'єм робіт надається керівником магістерської роботи.

У загальних висновках викладають найбільш важливі наукові та практичні результати, отримані в роботі, які повинні підтверджувати результати розв'язання наукової проблеми (задачі), її значення для науки та практики.

Загальні висновки

Магістерська робота є завершеною науково-дослідницькою (науково-прикладною) роботою, в якій вирішено науково-практичне завдання вдосконалення технологій та технічних засобів підготовки води для питних потреб, яка вирішена науковим обґрунтуванням суміщеної роботи водонапірної башти з пінополістирольним фільтром з врахуванням перервного режиму водоподачі. Наведене вирішення наукового

завдання дозволяє покращити роботу системи водопостачання з баштами-колонами та забезпечувати населені пункти та підприємства якісною водою при зменшеній собівартості води. За результатами роботи зроблені такі висновки:

1. На підставі аналізу літературних джерел встановлено, що існує ряд баштових установок, проте вони є досить складними в експлуатації, дорогими та мають ряд інших недоліків.

2. Встановлено, що водонапірні башти на існуючих водопроводах сільських населених пунктів працюють в перервному режимі роботи з мінімальною тривалістю включення насоса від 1,5 год, тривалість зупинок складає від 15 хв і більше.

3. Розроблено математичну модель фізико-хімічного знезалізнення води, що враховує нелінійні ефекти фільтрації та масообміну при трансформації та іммобілізації закису і гідроксиду заліза у фільтрувальному середовищі.

4. Отримано точний розв'язок нелінійної математичної задачі фізико-хімічного знезалізнення.

5. Виконано аналіз експериментальних даних по динаміці накопичення осаду в елементі завантаження малих розмірів, що дозволило підібрати значення кінетичних параметрів з використанням нелінійного симплекс-методу.

6. Розроблено метод та методику інженерного розрахунку технологічних параметрів зернистих фільтрів для знезалізнення води з врахуванням трьох критеріїв: часу захисної дії завантаження, часу досягнення граничних втрат напору та третього – критерію гідродинамічної стійкості осаду, що враховує поступове зменшення прояснювального потенціалу засипки та консолідацію осаду, що реалізовано в MathCAD.

7. Запропоновано використання комбінованої пінополістирольної засипки, що складається на 80% із великих гранул із малою питомою густиною спінених гострою парою у виробничих умовах, 20% – спінені киплячою водою та мають значно менший діаметр.

8. Виконано апроксимацію результатів експериментальних досліджень та отримано емпіричну залежність по визначенню

відносного розширення пінополістирольної засипки, що характеризують процес її промивання.

9. Визначено, що при роботі установки з перервним режимом та концентрації заліза у вихідній воді до 5 мг/л ефект знезалізнення становить до 99% при швидкості фільтрування менше 8 м/год. Погіршення якості фільтрату спостерігається після тривалих зупинок у фільтроциклі (більше 1,5 год). Проте, через 0,5 год роботи кількість заліза у фільтраті значно зменшується і становить менше 0,3 мг/л.

10. Результати досліджень показують, що для меншої консолідації осаду характерний довший період експлуатації засипки до спрацювання її робочого ресурсу, який змінюється від 12,6 років до 1,5 років.

11. Для знезалізнення води в котеджах рекомендується використовувати напірну схему очищення з дрібногранульним пінополістиролом та аерацією на рециклі.

12. Розроблено конструкторські креслення баштової станції знезалізнення води.

13. Результати роботи використано при реконструкції системи водопостачання з встановленням ресурсо- та енергоощадного знезалізнювального обладнання в с. Добриня.

14. Вартість обладнання за пропонованою схемою знезалізнення води менша від аналогів за рахунок обґрунтованого вибору раціональних технологічних та конструктивних параметрів. Економія, в порівнянні зі схемою з піщаними фільтрами, становить: капітальних затрат – 30,0%, річних експлуатаційних затрат – 16,5%, зменшення строку окупності на 1,5 роки.

Виконана магістерська робота підписується студентом, консультантами всіх розділів, керівником, завідувачем кафедри та направляється на рецензію спеціалісту-виробничнику або викладачу визначеної кафедри з обов'язковою попередньою перевіркою на антиплагіат. Для цього в нашому університеті та університетах-партнерах використовується онлайн-сервіс пошуку плагіату Unicheck (попередня назва – Unplag.com), який перевіряє текстові документи на наявність запозичених частин

тексту з відкритих джерел в Інтернеті чи внутрішньої бази документів користувача. Сервіс підтримує doc, .docx, .rtf, .txt, .odt, .html, .zip та .pdf формати. Звіт про результати перевірки на антиплагіат підписує магістр та завіряє керівник, при цьому, кількість запозичень з інших джерел не повинна перевищувати 40%.

Після рецензії студент представляє магістерську роботу для попереднього захисту на кафедрі. Основна мета попереднього захисту – навчитись правильно презентувати свою роботу, відповідати на зауваження рецензента та запитання викладачів і студентів. Захист магістерської роботи проводиться на засіданні державної екзаменаційної комісії, в яку входять найкваліфікованіші викладачі університету та інженери-виробничники.

2. Лабораторна база для виконання наукових досліджень

Відповідно до Закону України «Про вищу освіту», магістр – це освітній ступінь, що здобувається на другому рівні вищої освіти та присуджується закладом вищої освіти (науковою установою) у результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти відповідної освітньої програми. Ступінь магістра здобувається за освітньо-професійною або за освітньо-науковою програмою. Другий (магістерський) рівень вищої освіти передбачає набуття здобувачами вищої освіти здатності до розв’язування задач дослідницького та/або інноваційного характеру у певній галузі професійної діяльності.

Магістерська робота повинна включати науково-дослідну та практичну частини. Магістри мають право вибирати керівника магістерської роботи серед професорсько-викладацького складу кафедри. Затвердження керівника магістерської роботи проходить на засіданні кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи. Бажано, щоб тема магістерської роботи співпадала з науковими інтересами керівника та лабораторною базою кафедри або зацікавленої організації.

На кафедрі водопостачання, водовідведення та бурової справи працюють три доктора технічних наук, професори та

п'ять кандидатів технічних наук, доцентів. Основні напрями наукових досліджень:

1. д.т.н., професор Мартинов С.Ю.:
 - * інтенсифікація та удосконалення роботи водопровідних очисних споруд;
 - * впровадження технологій підготовки води з пінополістирольними фільтрами;
 - * математичне моделювання у водопостачанні та водовідведенні.
2. д.т.н., професор Ковальчук В.А.:
 - * водовідведення (очистка стічних вод);
 - * інтенсифікація та реконструкція систем водовідведення;
 - * очищення стічних вод підприємств харчової промисловості.
3. д.т.н., професор Квартенко О.М.:
 - * удосконалення технологій очистки складних багатокомпонентних підземних вод;
 - * розробка блочно-модульних установок очистки підземних вод від сполук заліза, марганцю, азотамонійних сполук та органічних комплексів, стабілізаційної обробки води;
 - * дослідження впливу постійного магнітного поля на зміну структури води, активації та інгібування процесів біологічної та фізико-хімічної очистки природних вод.
4. к.т.н., доцент Косінов В.П.:
 - * вдосконалення методів оцінки та забезпечення надійності систем водопостачання і водовідведення міст та населених пунктів;
 - * оптимізація роботи та реконструкція водопровідних мереж міст та населених пунктів
5. к.т.н., доцент Литвиненко Л.Л.:
 - * дослідження новітніх технологій підготовки природних вод для використання їх в системах водопостачання промислових підприємств.
6. к.т.н., доцент Орлова А.М.:
 - * інтенсифікація та удосконалення систем водопостачання малих населених пунктів та групових водопроводів.
7. к.т.н., доцент Шадура В.О.:
 - * підвищення ефективності роботи водозаборів зі

свердловинами;

- * реконструкція та інтенсифікація роботи систем подачі і розподілу води.

8. к.т.н., доцент Трач Ю.П.:

- * водопостачання спиртових підприємств.

На кафедрі водопостачання, водовідведення та бурової справи функціонують: науково-дослідна лабораторія «Водопостачання та очищення води» (403 ауд.) – науковий керівник Мартинов С.Ю), гідрохімічна лабораторія (438 ауд.) – керівник Романенко Т.М., лабораторія дослідження очищення стічних вод за технологією BIOTAL (624 ауд.), буровий павільйон.

В 403 ауд. розміщено лабораторні установки дослідження очищення вод на зернистих фільтрах, комп'ютерний клас та аспірантська. Тут змонтовані наступні лабораторні установки:

- * установка дослідження процесів водопідготовки на пінополістирольному фільтрі з зростаючим шаром осаду;

- * установка для дослідження знезалізнення води в баштових схемах;

- * установка для досліджень безнапірного та напірного режимів фільтрування води;

- * установка для дослідження гідроавтоматичного переключення режимів роботи фільтрів;

- * установка для дослідження аерації води;

- * установка для дослідження фільтрів свердловин з плаваючим завантаженням;

- * установка для дослідження міцнісних характеристик осадів зернистих фільтрів;

- * автоматизована установка дослідження процесів очищення води на напірному пінополістирольному фільтрі та аерацією на рециклі.

Розглянемо детальніше окремі з них. Установка для дослідження знезалізнення води в баштових схемах (рис. 2.1) складається з фільтрувальної колонки із збільшеним підфільтровим простором, повітрівідділювача, бачка постійного рівня, щита п'єзометрів, пробовідбірників, вузла приготування розчинів сірчаноокислого заліза та вапняної води. Фільтрувальна

колонка виготовлена зі скляної труби $\varnothing 150$ мм та висотою 2,7 м. Знизу труба за допомогою насувного фланця кріпилася до сталевій підставці з патрубками для підключення промивного трубопроводу та трубопроводу проаерованої води. Зверху скляна труба також за допомогою насувного фланця кріпилася до баку знезалізненої води $\varnothing 500$ мм з відповідною трубою.

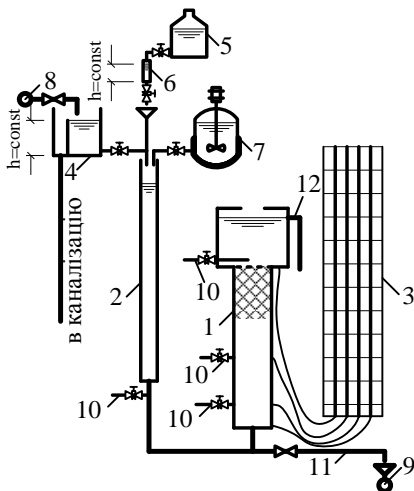


Рис. 2.1. Схема лабораторної установки для дослідження знезалізнення води в баштових схемах

1 – фільтрувальна колонка, 2 – регулятор швидкості фільтрування; 3 – щит п'єзометрів; 4 – бак постійного рівня, 5 – посудина Марріота з розчином сірчаноокислого заліза; 6 – циліндр постійного рівня; 7 – посудина Марріота з механічною мішалкою та вапняною водою; 8 – водопровід; 9 – каналізація; 10 – пробовідбірники; 11 – промивна труба; 12 – труба відведення знезалізненої води (фільтрату)

В фільтрувальній колонці засипаний пінополістирол висотою 1,0 м з наступними характеристиками: мінімальний діаметр гранул 0,8 мм, максимальний – 1,5 мм, еквівалентний – 1,17 мм, коефіцієнт неоднорідності – 1,29. Для утримання пінополістиролу в притопленому стані зверху скляної труби встановлена мідна сітка з отворами $0,7 \times 0,7$ мм. Регулятор швидкості фільтрування виготовлений із скляної труби діаметром 50 мм, висотою 1,8 м.

Установка працює наступним чином. Вода з водопроводу

подається в бачок постійного рівня, звідки через вентиль регулювання витрати води надходила в змішувач, де змішувалася з розчином заліза. Розчин заліза готується з використанням сірчаноокислого заліза (II), яке розчиняється у дистильованій воді. Для запобігання окислення заліза у посудину 5 додатково додається соляна кислота. Для забезпечення рівномірності подачі розчину заліза перед кожним фільтроциклом виконуються налаштування: при постійній висоті рідини в циліндрі 6 виставляється потрібна витрата розчину за допомогою затискача, який розміщений після нього. Рівномірність втрати розчину заліза забезпечується підтриманням постійного рівня рідини в циліндрі 6 за допомогою затискача, який розміщений після посудини 5.

Оскільки сірчаноокисле залізо досить погано окислюється киснем повітря, то необхідно проводити вапнування води. Для цього в посудину 7 заливається розчин вапна. Для запобігання осідання частинок вапна на дно посудини, використовується механічна мішалка. Необхідна витрата вапняного розчину регулюється за допомогою гвинтового затискача. Розчин вапна подавався безпосередньо в регулятор швидкості фільтрування.

Після змішування реагентів з водою у регуляторі швидкості фільтрування 2, вода надходить в підфільтровий простір, пінополістирольне завантаження та знезалізненою збирається у надфільтровому просторі.

Промивання завантаження виконується знезалізненою водою з надфільтрового простору шляхом відкриття вентиля на трубі 11.

Для контролю хімічних показників води в установці передбачено чотири пробовідбірники: після регулятора швидкості фільтрування, з надфільтрового простору вище утримуючої сітки та два в підфільтровому просторі, відповідно на відстані 30 см та 130 см від низу фільтрувальної колони. Пробовідбірники виготовлені з мідних трубочок діаметром 6 мм. Один кінець трубки знаходився в колонці, а на інший надітий гумовий шланг із затискачем. Кількість води, яка відбиралася за допомогою пробовідбірників не повинна перевищувати 5 % від витрати, яка проходить через

фільтрувальну колонку. Втрати напору в фільтрувальній колонці контролюються за допомогою щита п'єзометрів.

Схема установки для дослідження безнапірного знезалізнення води зображена на рис. 2.2. Установка складається з фільтрувальної колонки, регулятора швидкості фільтрування, щита п'єзометрів, вузла дозування розчину сірчаноокислого заліза та вапна.

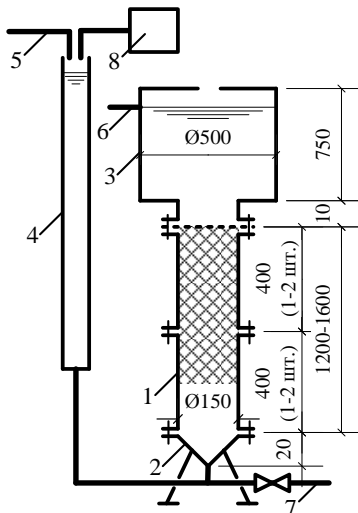


Рис. 2.2. Експериментальна установка для дослідження безнапірного знезалізнення води

1 – труби з оргскла та поліпропілену; 2 – конус; 3 – сталевий бак; 4 – регулятор швидкості фільтрування; 5 – труба подачі води з водопроводу; 6 – труба відведення знезалізненої води; 7 – промивна труба; 8 – вузол дозування розчинів сірчаноокислого алюмінію та вапняної води

Фільтрувальна колонка влаштована розбірною та складається з чотирьох труб Ø150 мм висотою по 0,4 м кожна. Дві з яких виготовлені з оргскла, а дві інші – з поліпропіленової труби. Знизу до цих труб кріпиться конус з патрубком підключення аерованої води та промивної труби, зверху – сталевий бак Ø500 мм. Завдяки такій конструкції установки можливо візуально спостерігати за процесами, які відбуваються в підрешітковому просторі та змінювати цю висоту. Всі інші вузли установки подібні до описаної вище. Ця установка може

також використовуватися для дослідження процесів фільтрування води в напірному режимі та для інших типів завантажень.

Експериментальна установка для дослідження гідродинамічної стійкості осаду зернистого фільтра (рис. 2.3) складається з скляної фільтрувальної колонки 1 внутрішнім діаметром 14,9 мм. В колонку може бути засипаний різний зернистий матеріал, що імітує «елементарний» шар реального завантаження фільтра. Витрата води встановлюється за допомогою регулювального затискача 7 при середньому рівні води в посудині Марріота 6. При падінні рівня води в посудині Марріота 6 (оголення датчика мінімального рівня) контролер 13 вмикається підкачувальний насос 12 і наповнюється модельним розчином посудини Марріота 6 до замикання датчика максимального рівня води, після чого насос вимикався. Таким чином, забезпечується однакова витрата води впродовж кожного циклу фільтрування.

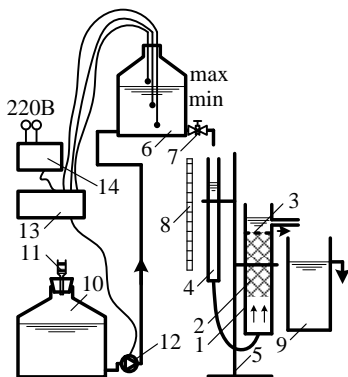


Рис. 2.3. Схема експериментальної установки

1 – фільтрувальна колонка; 2 – шар однорідного пінополістирольного завантаження; 3 – нержавіюча сітка; 4 – регулятор швидкості фільтрування; 5 – лабораторний штатив; 6 – посудина Марріота; 7 – регулювальний затискач; 8 – вимірювальна лінійка; 9 – ємність профільтрованої води; 10 – ємність з модельним розчином закисного заліза; 11 – фільтр поглинання кисню повітря; 12 – підкачувальний насос; 13 – контролер; 14 – блок живлення

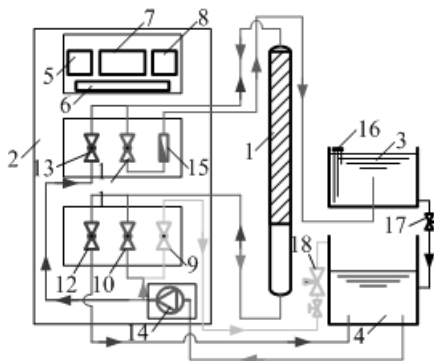


Рис. 2.4. Автоматизована установка дослідження процесів очищення води на напірному пінополістирольному фільтрі

1 – фільтрувальна колонка; 2 – стенд; 3 – бак фільтрату; 4 – бак неочищеної води; 5 – блок живлення; 6 – релейний модуль; 7 – дисплей; 8 – мікроконтролер; 9...13 – електромагнітні клапани; 14 – насос; 15 – витратомір; 16 – давач рівня; 17 – кран; 18 – аератор

Автоматизована установка дослідження процесів очищення води на напірному пінополістирольному фільтрі та аерацією на рециклі (рис. 2.4) складається з прозорої фільтрувальної колонки з пінополістирольним завантаженням, бачків, що імітують свердловину та напірний бак очищеної води, стенду, на якому розміщено блок живлення, мікроконтролер ATmega2560, дисплей, релейний модуль, електромагнітні клапани, витратомір, мембранний насос, кнопки управління та індикації режимів роботи. Установка може працювати в трьох режимах: режимі фільтрування; режимі промивання; демо-режимі, який імітує роботу пінополістирольного фільтра в двох перших режимах за спрощеним алгоритмом. Магістр під керівництвом керівника може самостійно змінювати параметри режимів через спеціальну програму на гаджеті. Кнопки управління передбачають ручне переключення в кожен з цих режимів та ручне включення мембранного насосу. Також передбачено ручну зупинку роботи автоматики. В режимі фільтрування електромагнітні клапани 9-11 відкриті, а 12, 13 – закриті. Насосом 14 вода забирається з баку неочищеної води 4 і подається в нижню частину фільтрувальної колони 1, де

проходить через пінополістирольне завантаження, і відводиться з верхньої частини у бак фільтрату 3. Коли рівень води в баку фільтрату досягне максимального, давач рівня 16 подає сигнал на мікроконтролер і насос 14 вимикається. Імітація водовідбору здійснюється шляхом частково відкритого крана 17. При зниженні рівня води в баку фільтрату 3 до мінімального знову вмикається насос 14 і відбувається фільтрування води. Режим промивання відбувається шляхом закриття електромагнітних клапанів 9-11 та відкриття 12, 13. Насосом 14 вода забирається з бака 4 і подається в верхню частину фільтрувальної колони 1, відбувається розширення пінополістирольного завантаження. Забруднена вода скидається у каналізацію. В даному випадку промивна вода подається в бак неочищеної води 4.

Установка для дослідження гідроавтоматичного переключення режимів роботи фільтрів (рис. 2.5) працює наступним чином: вихідна вода трубопроводом 9 подається у повітровідділювач 2, а потім – у фільтр 1. Вода очищається від сполук заліза у піно полістирольному завантаженні, і трубопроводом 10 відводиться споживачеві. В міру забруднення (кольматації) завантаження втрати напору поступово зростають. При цьому рівень води в повітровідділювачі 2 (і відповідно – у висхідній гілці сифона 4) підвищується. Одночасно з цим в низхідній гілці промивного сифона 4, стискається повітря. При підвищенні рівня води в повітровідділювачі 2 до відмітки приєднання трубки наповнення гідрозатвора 8, частина вихідної води через трубку наповнення починає перетікати в гідрозатор 5. При наповненні гідрозатвора вище точки перегину сифона спорожнення 6, останній (після свого включення) починає відкачувати воду з гідрозатвора 5. В момент спорожнення гідрозатвора з промивного сифона 4 виходить повітря, яке перешкоджало включенню сифона 4 в роботу. В результаті сифон 4 заряджається та починається зворотне промивання фільтраційного шару проясненою водою з промивного баку 3. При пониженні рівня води в промивному баку 3 до нижнього зрізу повітряної трубки 7 починається підсмоктування повітря та злив вакууму в сифоні 4. На цьому промивання закінчується та вихідна вода знову починає надходити з повітровідділювача 2

у фільтр 1. Починається новий фільтроцикл. Залишки води з низхідної гілки сифона 4 (після його розрядки) збігають в гідрозатор 5 і заповнюють його.

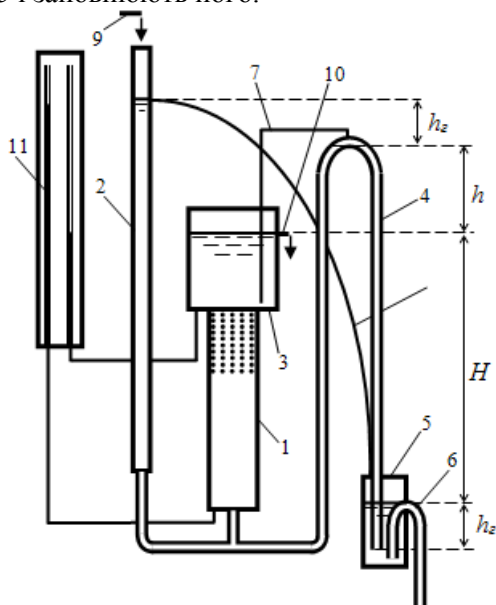


Рис. 2.5. Гідроавтоматична установка з циліндричним гідрозатором та сифоном спорожнення

1 – фільтр; 2 – повітровідділювач; 3 – бак; 4 – промивний сифон; 5 – гідрозатор; 6 – сифон спорожнення гідрозатора; 7 – повітряна трубка; 8 – імпульсна трубка наповнення гідрозатора; 9 – трубопровід для подавання вихідної води; 10 – трубопровід для відведення фільтрату; 11 – щит п'єзометрів

3. Обчислення похибок результатів вимірювань та розрахунків

Під похибкою розуміють відхилення отриманого результату вимірювання від істинного значення. Залежно від характеру зміни розрізняють систематичні, випадкові й грубі похибки. Систематичні похибки при повторних вимірюваннях залишаються постійними й виявляються тільки при повірці приладу. Випадкові похибки виявляються при повторних вимірюваннях у вигляді розкиду результатів. Грубі похибки

дають різку відмінність від очікуваного результату й їх не враховують.

Залежно від джерела виникнення, похибки вимірювання ділять на апаратні, методичні й суб'єктивні. Апаратні або інструментальні помилки залежать від похибок засобів вимірювань, які вимірюються. Методичні або теоретичні похибки з'являються внаслідок недосконалості методів вимірювань, використання наближених співвідношень, не врахування впливу ряду факторів на точність вимірювання. Суб'єктивні похибки – це похибки, викликані недосконалістю органів почуттів оператора, його неуважності при проведенні вимірювання.

Залежно від значення вимірюваної величини x похибки діляться на адитивні, абсолютне значення яких не залежить від x , і мультиплікативні, абсолютне значення яких пропорційно x . Джерелами адитивної похибки можуть бути: зсув показника приладів з нульової відмітки до проведення вимірювання, тертя в опорах рухомих частин вимірювальних приладів, неточність градуїровки шкали. Причини мультиплікативної похибки – вплив зовнішніх факторів (зміна температури, зовнішніх електромагнітних полів) і старіння елементів і вузлів вимірювальних приладів.

Межі допустимих похибок вимірювальних приладів виражаються абсолютною, відносною та приведеною похибками.

Абсолютна похибка – це різниця між вимірюваним (x) і дійсним (істинним) (x_0) значеннями

$$\Delta_x = x - x_0. \quad (3.1)$$

Абсолютну похибку вимірюють в одиницях вимірюваної величини, вона може приймати як додатні, так і від'ємні значення.

Відносна похибка – це відношення абсолютної похибки до дійсного значення вимірюваної величини

$$\delta_x = \Delta_x / x_0 \times 100\%. \quad (3.2)$$

Відносна похибка характеризує точність вимірювання, її виражають або у відносних одиницях або у відсотках, вона може приймати як додатні, так і від'ємні значення.

Треба розрізняти похибки вимірювань і похибки засобу вимірювань, обумовлені його класом точності.

За способом вираження розрізняють абсолютні та відносні, а також приведені похибки засобів вимірювання. Абсолютну похибку, взятую із зворотним знаком, називають поправкою

$$\Pi = -\Delta_x = x_0 - x. \quad (3.3)$$

Приведена похибка – це відношення абсолютної похибки до нормуючого значення

$$\gamma_x = \Delta_x / x_k \times 100\%, \quad (3.4)$$

де x_k – нормуюче значення, воно може дорівнювати верхній межі шкали, діапазону вимірювань, довжині шкали тощо. Для більшості приладів x_k дорівнює межі вимірювання або номінальному значенню вимірюваної величини.

За значенням приведеної похибки приладу визначається клас точності, який є узагальненою характеристикою точності приладу, що визначає межі допустимих основної та додаткової похибки. Умовні позначення класу точності: 1,5 – клас точності

приладу в діапазоні вимірювання; $\textcircled{1,5}$ – клас точності приладу від одного показання; |2,5| – клас точності приладу від інтервалу

вимірювань; $\sqrt[2,5]{}$ – клас точності приладу від довжини шкали.

За характером зміни розрізняють систематичні та випадкові похибки вимірювальних приладів, за умовами застосування вимірювальних приладів – основні та додаткові. Основна похибка виникає у вимірювальних приладах при нормальних умовах експлуатації, встановлених ДСТУ. Додаткові похибки вимірювальних приладів виникають при відхиленні величин, що впливають, від нормальних значень. Для характеристики засобів і методів вимірювань застосовують також поняття чутливості – мінімальне значення зміни контрольованого параметра, на яке здатний реагувати вимірювальний прилад.

Майже всі вимірювання та математичні операції дають наближені значення шуканих величин. Складові наближеного числа можуть бути вірними, сумнівними та невірними.

Постулати:

1. Якщо похибка числа не вказана, то його абсолютна похибка дорівнює половині одиниці розряду останньої цифри.
2. Розряд старшої цифри похибки показує розряд сумнівної цифри в числі.
3. В якості значущих цифр можуть бути тільки вірні та сумнівні цифри.
4. Якщо похибка числа не вказана – всі цифри значущі.
5. Під значущими цифрами числа розуміють послідовність цифр без урахування місця коми, а для чисел менше одиниці – без урахування нуля перед комою та наступних нулів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Граничні значення похибок

Результат	Кількість значущих цифр	Граничні значення похибки	Δx	Максимальна похибка, $(\Delta x/x) \times 100\%$
3	1	2,5-3,5	0,5	16,7
3,5	2	3,45-3,55	0,05	1,4
3,55	3	3,545-3,555	0,005	0,14

З огляду на те, що інженерні розрахунки припускаються похибки 2-5%, то недоцільно видавати результати з більш ніж двома значущими цифрами.

Таблиця 3.2

Максимальні похибки

Результат	Δx	Максимальна похибка, $(\Delta x/x) \times 100\%$
1	0,5	50
1,5	0,05	3,3
1,55	0,005	0,3
0,1	0,05	50
0,15	0,005	3,3
0,155	0,0005	0,3

6. Округляти потрібно тільки кінцевий результат при ланцюгових розрахунках на мікрокалькуляторах.

7. При множенні та діленні вихідні дані доцільно округляти до кількості значущих цифр, що містяться в числі з найменшою їх кількістю.

Приклад 3.1. Число $135,2 \pm 3,7$ потрібно записувати як $135 \pm 3,7$, а цифру 2 відкинути як невірну, бо тут уже цифра 5 є сумнівною.

При округленні останню цифру, що залишилася, збільшують на одиницю, якщо найближча цифра, що відкидається, дорівнює або більше 5, чи не змінюють, якщо вона менше 5. Якщо ж відкидають тільки одну цифру 5 (або після неї стоять нулі), то останню цифру, що залишається, збільшують на одиницю, якщо вона непарна, і залишають без зміни, якщо вона парна.

Приклад 3.2. Виконати округлення чисел.

До округлення:	2,845	2,762	7,500	8,500
Після округлення:	2,8	2,8	8,0	8,0

Вважається, що розряд сумнівної цифри суми збігається зі старшим розрядом сумнівних цифр доданків, тому сума (різниця) округляється до цього розряду. (Для більшої впевненості в доданках залиште один зайвий розряд).

Приклад 3.3. Дано числа: $1,1377 \times 10^4$; $2,7077 \times 10^2$; $-1,1677 \times 10^3$. Останні цифри сумнівні. Потрібно визначити суму.

Розв'язок: $(113,7 + 2,7 - 11,6) \times 10^2 = 104,8 \times 10^2 = 1,048 \times 10^4$. Тут 8 – сумнівна цифра.

При множенні (діленні) невірної цифри на вірну виходить невірна, а при множенні сумнівної на вірну вже сумнівна, то доцільно проводити округлення до цієї цифри.

Приклад 3.4. Помножити числа 8831 і 0,024, останні цифри сумнівні: $(8,831 \times 10^3) \times (2,4 \times 10^{-2}) = 2,1 \times 10^2$.

Приклад 3.5. Розділити 67 на 0,375. Останні цифри чисел сумнівні: $6,7 \times 10^1 / (3,75 \times 10^{-1}) = 1,787 \times 10^2 \approx (1,8 \times 10^2)$.

В цьому випадку старшою сумнівною цифрою результату ділення є перша цифра після коми. Тому правильнішим буде запис, що стоїть в дужках.

При піднесенні до степеня в кінцевому результаті кількість значущих цифр має бути така ж, що і в основі степеня – $(2,8 \times 10^4)^2 = 7,8 \times 10^8$. При добуванні кореня з наближеного числа кількість значущих цифр у відповіді та підкореновому виразі повинна бути однаковою – $\sqrt{6,28} = 2,51$. При логарифмуванні мантиса логарифма повинна містити таку ж кількість значущих цифр, що й саме число – $\lg 12,6 = 1,1$.

Приклад 3.6. Розрахуйте площу прямокутника зі сторонами 28,23 і 12,59 см.

Розв’язок. $28,23 \times 12,59 = 355,42 \text{ см}^2$ невірний, так як істинне значення може перебувати між $28,225 \times 12,585 = 355,21 \text{ см}^2$ і $28,235 \times 12,595 = 355,62 \text{ см}^2$. Таким чином, шукана площа дорівнює $355,4 \pm 0,2 \text{ см}^2$.

При використанні наближених чисел ведуть два паралельних розрахунки: один – з граничними значеннями, що приводять до мінімуму, а інший – до максимуму.

Приклад 3.7. Дано два значення: 50 ± 3 і 30 ± 2 . Визначити величину відносних похибок додавання, віднімання, множення та ділення.

Додавання. Істинне значення лежить між $47 + 28 = 75$ і $53 + 32 = 85$. Відносна похибка суми дорівнює $(85 - 75) / (85 + 75) = 10 / 160 = 0,0625$ (6,25%).

Віднімання. Істинне значення лежить між $47 - 32 = 15$ і $53 - 28 = 25$ («перехресне» віднімання, тобто максимальне значення одного числа віднімається від мінімального значення іншого та мінімальне значення одного числа – від максимального значення іншого). Відносна похибка різниці дорівнює $(25 - 15) / (25 + 15) = 10 / 40 = 0,25$ ($\pm 25\%$).

Множення. Істинне значення лежить в межах від $47 \times 28 = 1316$ до $53 \times 32 = 1696$. Відносна похибка множення дорівнює $(1316 - 50 \times 30) / (50 \times 30) = -184 / 1500 = -0,123$ (-12,3%); $(1696 - 50 \times 30) / (50 \times 30) = 196 / 1500 = 0,131$ (13,1%)

Ділення. Істинне значення лежить між $47 / 32 = 1,469$ і $53 / 28 = 1,893$ («перехресне» ділення). Відносна похибка ділення $(1,469 - 50 / 30) / (50 / 30) = -0,198 / 1,667 = -0,119$ (-11,9%); $(1,893 - 50 / 30) / (50 / 30) = 0,226 / 1,667 = 0,136$ (13,6%).

Таким чином, з усіх арифметичних операцій найбільшу похибку дає віднімання, а найменшу – додавання.

Абсолютна похибка суми або різниці дорівнює сумі абсолютних похибок доданків

$$a=b\pm c \rightarrow \Delta_a=\Delta_b+\Delta_c. \quad (3.5)$$

Відносна похибка суми двох величин однакового знаку перебуває в інтервалі між найменшою й найбільшою відносними похибками доданків

$$\delta_a=\Delta_a/|a|=(\Delta_b+\Delta_c)/|b+c|. \quad (3.6)$$

За умови $|b|=|c|$ матимемо

$$\delta_a=(\Delta_b+\Delta_c)/(2|b|)=(\delta_b+\delta_c)/2. \quad (3.7)$$

Якщо ж $|b|>>|c|$, через що останнім доданком у знаменнику можна знехтувати, то

$$\delta_a=(\Delta_b+\Delta_c)/|b|=\delta_b+\Delta_c/|b|=\delta_b+\delta_c\times|c|/|b|\approx\delta_b. \quad (3.8)$$

Подамо вираз для відносної похибки наступним чином

$$\delta_a=\delta_b\times|b|/|b+c|+\delta_c\times|c|/|b+c|. \quad (3.9)$$

З аналізу останнього рівняння випливає, що додавання величин протилежного знаку (або віднімання величин однакового знаку) практично завжди приводить до збільшення відносної похибки результату в порівнянні з найбільшою з відносних похибок доданків. Особливо небезпечним є віднімання дуже близьких величин. У цьому випадку відносна похибка результанта може сягати неприпустимих величин.

Розглянемо множення двох величин

$$a=b\times c \rightarrow (a+\Delta_a)=(b+\Delta_b)\times(c+\Delta_c)=b\times c+\Delta_b\times c+\Delta_c\times b+\Delta_b\times\Delta_c, \quad (3.10)$$

звідки випливає

$$\Delta_a=\Delta_b\times c+\Delta_c\times b+\Delta_b\times\Delta_c \rightarrow \delta_a=\delta_b+\delta_c+\delta_b\times\delta_c. \quad (3.11)$$

Оскільки $\delta_b\ll 1$ і $\delta_c\ll 1$, то $\delta_b\times\delta_c\ll \delta_b$, а тому

$$\delta_a=\delta_b+\delta_c. \quad (3.12)$$

Отже, відносна похибка добутку дорівнює сумі відносних похибок множників.

Відносна похибка обчислення величини, зворотної до даної, дорівнює відносній похибці вихідної величини

$$d=1/c \rightarrow \delta_d=\delta_c. \quad (3.13)$$

Відносна похибка частки дорівнює сумі відносних похибок діленого та дільника

$$a=b/c \rightarrow \delta_a=\delta_b+\delta_c \rightarrow \Delta_a=(\delta_b+\delta_c) \times b/c. \quad (3.14)$$

Відносна похибка піднесення до степеня n наближеного числа (n – натуральне ціле) дорівнює добутку відносної похибки основи на абсолютну величину показника степеня

$$a=b^n \rightarrow \delta_a=|n| \times \delta_b \rightarrow \Delta_a=|n| \times \Delta_b \times b^{n-1}, \quad (3.15)$$

Абсолютна похибка обчислення функції дорівнює добутку абсолютної похибки аргументу на абсолютну величину похідної від функції

$$a=f(b) \rightarrow \Delta_a=\Delta_b|df(b)/db| \rightarrow \delta_a=\delta_b|df(b)/db \times b/f(b)|. \quad (3.16)$$

Приклад 3.8. Знайти відносну похибку добутку: $(40 \pm 10\%) \times (30 \pm 5\%)$.

Відповідно до (3.12) отримуємо $(1200 \pm 10\% \pm 5\%)$, або шукана величина буде дорівнює $1200 \pm 15\%$.

Приклад 3.9. Знайти відносну похибку ділення: $[(500 \pm 20) \times (200 \pm 15)] / (400 \pm 20)$.

Цій частці відповідає $(500 \pm 4\%) \times (200 \pm 7,5\%) / (400 \pm 5\%)$. Відповідно до (3.12) і (3.14), відносна похибка дорівнює $4 + 7,5 + 5 = 16,5\%$. Таким чином, остаточний результат $(500 \times 200 / 400) \pm 16,5\% = 250 \pm 16,5\%$ або $\approx 250 \pm 41$, тобто в межах 209 і 291.

Приклад 3.10. Довжина, ширина та висота цегли рівні x_1, x_2, x_3 см з відносними похибками 0,01. Знайти максимальну абсолютну похибку об'єму.

Відповідно до (3.12) максимальна похибка в об'ємі дорівнює $0,01 + 0,01 + 0,01 = 0,03$ (3%). Тоді максимальна абсолютна похибка дорівнює $0,03 \times x_1 \times x_2 \times x_3$ см³.

Приклад 3.11. При вибіркового контролі була перевірена довжина п'яти плит перекриття. Виміряні значення довжини l вийшли наступними, см: 594; 596; 595; 596; 594. Знайти середнє значення довжини плити та середню арифметичну похибку.

Середнє значення довжини складе

$$L = \frac{\sum l}{n} = \frac{594 + 596 + 595 + 596 + 594}{5} = 595 \text{ см.}$$

Похибки окремих вимірювань рівні: $\Delta l_1 = 595 - 594 = 1 \text{ см;}$
 $\Delta l_2 = -1,0 \text{ см; } \Delta l_3 = 0 \text{ см; } \Delta l_4 = -1 \text{ см; } \Delta l_5 = 1 \text{ см.}$

Середня арифметична похибка

$$\Delta l_{\text{сер}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x - x_i| = \frac{1 + 1 + 0 + 1 + 1}{5} = 0,8 \text{ см}$$

Таким чином, $L = 595 \pm 0,8 \text{ см,}$ а відносна похибка $\delta = 0,8/595 = 0,0013 = 0,13\%.$

4. Регресійний аналіз експериментальних досліджень

Найкращі результати при визначенні параметрів заданого рівняння дає використання методу найменших квадратів. Суть цього методу полягає в тім, що якщо всі вимірювання функції y_1, y_2, \dots, y_n виконані з однаковою точністю та розподіл величин помилок вимірювань відповідає нормальному закону, то параметри (коефіцієнти) рівняння, визначаються за умови, що сума квадратів відхилень виміряних значень від розрахункових приймає найменше значення.

Нехай зв'язок між величинами, що досліджувалися, описується лінійною залежністю

$$y = a + b \cdot x \quad (4.1)$$

де a, b – постійні коефіцієнти, які визначаються за (4.2) та (4.3).

$$b = \frac{\left[n \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{-}{x_i} \cdot \frac{-}{y_i} \right) - \sum_{i=1}^n \frac{-}{x_i} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{-}{y_i} \right]}{n \cdot \sum_{i=1}^n \frac{-}{x_i} - \left(\sum_{i=1}^n \frac{-}{x_i} \right)^2} \quad (4.2)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4.3)$$

де x_i, y_i – середні значення величин, що вимірювалися в i -му досліді;
 n – число дослідів.

Тісноту зв'язку між змінними x та y визначають коефіцієнтом кореляції за формулою

$$r = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}} \quad (4.4)$$

В інженерній практиці залежність цього зв'язку рекомендують приймати згідно з табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Залежність зв'язку між змінними

r :	>0,9	0,8...0,9	0,6...0,8	0,4...0,6	0,2...0,4
Залежність:	функціональна	суттєва	середня	мала	несуттєва

У процесі проведення експерименту виникає потреба перевірити відповідність експериментальних даних теоретичним передумовам (значенням, отриманим за регресійним рівнянням), тобто перевірити гіпотезу дослідження. Методи оцінки адекватності засновані на використанні довірчих інтервалів, що дозволяють із заданою довірчою ймовірністю визначати шукані значення оцінюваного параметра. Суть такої перевірки полягає у співставленні отриманої або передбачуваної теоретичної функції $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ з результатами вимірювань.

При малих вибірках для оцінки адекватності доцільно застосовувати критерій Фішера. Критерій Фішера (експериментальний) визначається за формулою

$$\Phi_p = \frac{\max\{S_{ad}^2; S_{eidm}^2\}}{\min\{S_{ad}^2; S_{eidm}^2\}}, \quad (4.5)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності, яка визначається за (4.6);

S_{eidm}^2 – генеральна дисперсія, яка визначається за (4.7).

Дисперсія адекватності визначається за формулою

$$S_{ad}^2 = \frac{m}{n-B} \cdot \sum_{i=1}^n (y_{pi} - \bar{y}_i)^2, \quad (4.6)$$

де B – кількість членів (коефіцієнтів) у знайденому рівнянні, які залишилися після оцінки їх значимості (включаючи вільний член);

y_{pi} – значення шуканої величини, яке розраховане за отриманим рівнянням (теоретичне значення).

В якості генеральної дисперсії приймається середньоарифметична виправлених дисперсій, яка визначається за формулою

$$S_{eid}^2 = \sum_{i=1}^n S_i^2 / n. \quad (4.7)$$

Функція (рівняння регресії) вважається адекватною при

$$\Phi_p \leq \Phi_m, \quad (4.8)$$

де Φ_m – табличне значення критерію згоди (табличний критерій Фішера), яке залежить від числа ступенів свободи дисперсії адекватності $K_{ad} = n - B$, числа ступенів свободи дисперсії відтворюваності $K_{eid} = n(m - 1)$ і рівня довірчої ймовірності (як правило 0,95).

Якщо, $\Phi_p > \Phi_m$, то отримане рівняння регресії неадекватно описує процес, що досліджувався, та необхідно переходити до рівнянь інших видів, в тому числі вищих ступенів, підвищувати точність вимірювання параметрів тощо.

Таблиця 4.2

Значення критерію Фішера Φ_m при $P = 0,95$

K_1 – число ступенів свободи більшої дисперсії;

K_2 – число ступенів свободи меншої дисперсії

K_2	K_1							
	1	2	3	4	5	6	8	12
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99	238,88	243,90
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,85	8,74
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,24	3,07
10	4,97	4,10	3,71	4,48	3,33	3,22	3,07	2,91
12	4,75	3,89	3,49	3,25	3,11	3,00	2,85	2,69

Приклад 4.1. Проведені експериментальні дослідження зростання втрат напору в зернистій засипці швидкого фільтра з часом фільтрування (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Результати експериментальних досліджень

Час, t , год	1	3	5	7	9	11
h_{1b} , см	71,7	79,1	88,2	95,8	104,3	112,8
h_{2b} , см	69,7	80,2	88,8	97,0	105,8	112,3
h_{3b} , см	68,7	78,2	87,5	94,1	104,0	113,4

Попередній графічний аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що досліджуваний процес можна описати лінійною залежністю (4.1).

Визначаємо коефіцієнти a , b за (4.2) та (4.3) в табличній формі (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Розрахунок коефіцієнтів A , B

i	1	2	3	4	5	6	Σ
X_i	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	36,0
Y_{cepi}	70,0	79,2	88,2	95,6	104,7	112,8	550,5
$X_i \cdot Y_{cepi}$	70,0	237,6	441,0	669,2	942,3	1240,8	3600,9
X_i^2	1,0	9,0	25,0	49,0	81,0	121,0	286,0
$(Y_{cepi})^2$	4900,0	6272,6	7779,2	9139,4	10962,1	12723,8	51777,1

$$b = \frac{6 \cdot 3600,9 - 36,0 \cdot 550,5}{6 \cdot 286,0 - 36,0^2} = 4,26;$$

$$a = \frac{550,5}{6} - 4,26 \cdot \frac{36,0}{6} = 66,19.$$

Отже, функція, яку шукали, має вигляд: $h = 66,19 + 4,26 \cdot t$.

Для перевірки тісноти зв'язку між змінними X та Y визначаємо коефіцієнт кореляції згідно (4.4):

$$r = \frac{6 \cdot 3600,9 - 36,0 \cdot 550,5}{\sqrt{6 \cdot 286,0 - 36,0^2} \cdot \sqrt{6 \cdot 51777,1 - 550,5^2}} = 0,9996.$$

Оскільки $r > 0,9$, то отримана залежність зростання втрат напору в зернистій засипці швидкого фільтра з часом фільтрування є функціональною.

За (4.6) дисперсія адекватності:

$$S_{ad.}^2 = \frac{3}{6-2} \cdot [(70,0-70,5)^2 + (79,2-79,0)^2 + (88,2-87,5)^2 + (88,2-87,5)^2 + (95,6-96,0)^2 + (104,7-104,5)^2 + (112,8-113,0)^2] = 0,80.$$

Визначаємо дисперсії паралельних дослідів:

$$S_I^2 = \frac{(71,7-70,0)^2 + (69,7-70,0)^2 + (68,7-70,0)^2}{3-1} = 2,34,$$

$$S_2^2 = 1,01, \quad S_3^2 = 0,43, \quad S_4^2 = 2,13, \quad S_5^2 = 0,93, \quad S_6^2 = 0,31,$$

$\sum S_i^2 = 7,15$. За (4.7) дисперсія відтворюваності:

$S_{\text{відт}}^2 = \frac{7,15}{6} = 1,19$. Тоді за (4.5) розрахунковий критерій

Фішера: $\Phi_p = \frac{1,19}{0,80} = 1,49$. При $K_{\text{ад.}} = 6 - 2 = 4$ та

$K_{\text{вiд}} = 6(3 - 1) = 12$ за табл. 4.2, табличне значення критерію

Фішера $\Phi_m = 5,91$. Оскільки $\Phi_p < \Phi_m$, то отримане регресійне рівняння адекватно описує процес, що досліджується.

5. Моделювання багатofакторних процесів водопостачання та водовідведення

Знаходження математичної моделі (регресійної залежності) певного процесу з допомогою повнофакторного експерименту складається з наступних етапів:

1-ий етап: планування експерименту;

2-ий етап: проведення експерименту;

3-ій етап включає: перевірку відтворюваності, тобто встановлення однорідності вибіркової дисперсії; отримання математичної моделі; перевірку її на достовірність описання процесу, який досліджуються.

Якщо математичний опис розглянутого процесу може бути представлений у вигляді рівняння регресії

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 \text{ (лінійна двофакторна модель),} \quad (5.1)$$

то необхідна кількість дослідів визначається за формулою

$$n = P^k = 2^2 = 4 \quad (5.2)$$

де n – число дослідів;

k – число факторів (у нашому випадку два фактори, тобто фактор X_1, X_2);

P – число рівнів варіювання (приймемо два рівні: верхній (+1) й нижній (-1)).

Кодовані змінні X_i , визначаються наступним співвідношенням:

$$X_i = \frac{x_i - x_{0i}}{\Delta x_i}, \quad (5.3)$$

де X_i – кодовані значення факторів (0, 1, 2...);

x_i – натуральні (фізичні) значення факторів;

x_{0i} – натуральні значення нульового рівня факторів (середнього);

Δx_i – натуральні значення інтервалу варіювання факторів.

Натуральні значення нульового рівня факторів

$$x_{0i} = \frac{x_{i \max} + x_{i \min}}{2}, \quad (5.4)$$

де $x_{i \max}$, $x_{i \min}$ – натуральні значення нижнього та верхнього рівнів фактора.

Натуральні значення інтервалу варіювання факторів

$$\Delta x_i = x_{i \max} - x_{0i}. \quad (5.5)$$

Таблиця 5.1

Матриця планування експерименту 2^2

№ досліджу	План	
	X_1	X_2
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1

Однорідність дисперсії (відтворюваність дослідів) оцінюють за критерієм Кохрена

$$G_p = S_{\max}^2 / \sum_{i=1}^n S_i^2, \quad (5.6)$$

де G_p – критерій Кохрена (розрахунковий);

S_{\max}^2 – максимальна дисперсія дослідів;

S_i^2 – дисперсія серії паралельних дослідів.

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{(m-1)}, \quad (5.7)$$

де y_{ij} – значення функції відгуку в j -му паралельному досліді i -го дослідів;

\bar{y}_i – середнє значення функції відгуку в i -му досліді;

m – кількість паралельних дослідів.

Досліди вважають відтворюваними, якщо розраховане значення критерію Кохрена не перевищує табличне значення $G_p \leq G_m$. Табличне значення критерію Кохрена залежить від рівня значимості (як правило $p = 0,05$) та числа ступенів свободи $q = m - 1$.

Таблиця 5.2

Значення критерію G_m при $P = 0,95$

Кількість дослідів n	Число ступенів свободи $q = m - 1$							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	0,999	0,975	0,939	0,906	0,877	0,853	0,833	0,816
3	0,967	0,871	0,798	0,746	0,707	0,677	0,653	0,633
4	0,907	0,768	0,684	0,629	0,590	0,500	0,637	0,518
5	0,841	0,684	0,598	0,544	0,507	0,478	0,456	0,439
6	0,781	0,616	0,532	0,480	0,445	0,418	0,398	0,382
7	0,727	0,561	0,480	0,431	0,397	0,373	0,354	0,338
8	0,680	0,516	0,438	0,391	0,360	0,336	0,319	0,304
9	0,639	0,478	0,403	0,358	0,329	0,307	0,290	0,277

В загальному вигляді коефіцієнти рівняння регресії визначаються за формулою

$$b_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{y}_i X_{ij} X_{ik} \quad (5.8)$$

або

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{y}_i, \quad (5.9)$$

$$b_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{y}_i X_{ij}.$$

Для перевірки значимості коефіцієнтів рівняння регресії знаходять довірчий інтервал

$$\Delta a = \pm \frac{t}{n} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{(m-1)}}, \quad (5.10)$$

де S_0^2 – помилка експерименту;

$\sum_{i=1}^n S_i^2$ – дисперсія експерименту (сума дисперсій N дослідів);

t – табличне значення критерію Ст'юдента при 5% рівні значимості та числі степенів свободи $f = n \cdot (m - 1)$.

Таблиця 5.3

Табульоване значення t -критерію при 5% рівні значимості

f	2	3	4	5	6	7	8
t	4,3	3,18	2,77	2,57	2,45	2,36	2,31

Коефіцієнт рівняння регресії значимий, коли його абсолютна величина більша за довірчий інтервал, тобто

$$|b| > \Delta a. \quad (5.11)$$

Якщо коефіцієнт регресії незначимий, то ним можна знехтувати.

Якщо процес, який досліджується, описується рівнянням вищого порядку, наприклад взаємним впливом факторів

$X_1 \cdot X_2$, тоді в матрицю (табл. 5.1) вводиться ще один стовпець $X_1 \cdot X_2$ та визначається коефіцієнт b_{12} за (5.8).

Рівняння регресії отримують шляхом підстановки у (5.1) (у випадку прийняття лінійної двофакторної моделі) значень коефіцієнтів, які знаходяться за (5.9).

Приклад 5.1. Експериментально досліджено очищення стоків електрохімічним способом. Ступінь очищення залежить від швидкості руху потоку води в апараті x_1 та питомої кількості електрики x_2 . Математичне описання процесу визначається в околі точки факторного простору з координатами: $x_{01}=7,5$ м/год; $x_{02}=200$ Кл/дм³ у виді лінійної двофакторної моделі (5.1).

Таблиця 5.4

Умови проведення експерименту

Характеристика	x_1 , м/год	x_2 , Кл/дм ³
Основний рівень, x_{0i}	7,5	200
Інтервал варіювання, Δx_i	2,5	100
Верхній рівень, $x_{i \max}$	10,0	300
Нижній рівень, $x_{i \min}$	5,0	100

Таблиця 5.5

Матриця планування та отримані експериментальні дані

№ досліджу	X_0	План		Ефект очищення води (дані паралельних дослідів)	
		X_1	X_2	y_1	y_2
1	+1	-1	-1	19,9	20,7
2	+1	+1	-1	37,5	36,1
3	+1	-1	+1	50,1	51,3
4	+1	+1	+1	70,1	69,1

Визначаємо середні значення ефектів очищення води:
 $\bar{y}_1 = \frac{19,9 + 20,7}{2} = 20,3, \quad \bar{y}_2 = 36,8, \quad \bar{y}_3 = 50,7, \quad \bar{y}_4 = 69,6.$

Визначаємо дисперсії серій паралельних дослідів за (5.7):
 $S_1^2 = 0,30, \quad S_2^2 = 0,98, \quad S_3^2 = 0,72, \quad S_4^2 = 0,50.$

Визначаємо за (5.6) розрахунковий критерій Кохрена:
 $G_p = \frac{0,98}{2,50} = 0,39.$ За табл. 5.2 при числі ступенів свободи $q = 2$ та $n = 4, \quad G_m = 0,907.$ Отже, дослід можна вважати відтворюваним, оскільки $G_p < G_m.$

Визначимо коефіцієнти рівняння регресії за (5.9):
 $b_0 = \frac{1}{4}(20,3 + 36,8 + 50,7 + 69,3) = 44,3, \quad b_1 = 8,9, \quad b_2 = 15,8.$

Для перевірки значимості коефіцієнтів рівняння регресії визначаємо довірчий інтервал за (5.10):

$$\Delta a = \frac{2,77}{4} \cdot \sqrt{\frac{0,30 + 0,98 + 0,72 + 0,50}{(2 - 1)}} = 1,1 \quad (\text{тут за табл. 5.3})$$

при $f = 4 \cdot (1 - 1) = 4, \quad t = 2,77).$ Отже, всі три коефіцієнти значимі, оскільки вони за модулем більші за довірчий інтервал.

Шукане регресійне рівняння з кодованим факторами матиме вигляд: $y = 44,3 + 8,9X_1 + 15,8X_2.$

За (4.6) дисперсія адекватності:

$$S_{ад}^2 = \frac{2}{4 - 3} \cdot \left[(19,6 - 20,3)^2 + (37,4 - 38,8)^2 + (51,2 - 50,7)^2 + (69,0 - 69,6)^2 \right] = 2,9.$$

За (4.7) дисперсія відтворюваності:

$$S_{відм}^2 = \frac{(0,30 + 0,98 + 0,72 + 0,50)}{4} = 0,6. \quad \text{Тоді за (4.5)}$$

розрахунковий критерій Фішера: $\Phi_p = \frac{2,9}{0,6} = 4,6.$ При

$K_{ад} = 4 - 3 = 1$ та $K_{від} = 4(2 - 1) = 4$ за табл. 4.2, табличне значення критерію Фішера $\Phi_m = 7,71.$ Оскільки $\Phi_p < \Phi_m,$ то отримане регресійне рівняння адекватно описує процес, що досліджується.

Використовуючи (5.3), запишемо рівняння регресії з натуральними значеннями факторів:

$$y = 44,3 + 8,9 \frac{x_1 - 7,5}{2,5} + 15,8 \frac{x_2 - 200}{100} \quad \text{або,} \quad \text{остаточно:}$$

$$y = 3,56x_1 + 0,16x_2 - 14,00.$$

6. Оформлення магістерської роботи

Магістерську роботу необхідно оформлювати відповідно до Державного стандарту України ДСТУ Б А.2.4-4:2009 «Основні вимоги до проектної та робочої документації» та ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання».

Магістерська робота повинна бути обсягом 3-5 авторських аркушів. Один авторський аркуш дорівнює 40 тис. друкованих знаків, враховуючи цифри, розділові знаки, проміжки між словами, що становить близько 24 сторінок друкованого тексту при оформленні роботи за допомогою комп'ютерної техніки з використанням текстового редактора Word: формат А4 (210x297 мм), шрифт – Times New Roman, розмір шрифту – 14 pt, міжрядковий інтервал – 1,5, поля: ліве, верхнє, нижнє – по 20 мм, праве – 10 мм. Тобто, магістерська робота повинна складати 70-120 сторінок. Для захисту магістерська робота повинна супроводжуватись 9-11 аркушами графічного матеріалу формату А1, комп'ютерною презентацією, моделями апаратів тощо.

Матеріал роботи необхідно викладати чітко, стисло, послідовно. Розділи та підрозділи повинні мати заголовки. Заголовки розділів необхідно розташувати посередині рядка і писати без крапки в кінці, не підкреслюючи. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів необхідно починати із абзацного відступу, не підкреслюючи, без крапки в кінці. Якщо заголовок складається із двох і більше речень, їх розділяють крапкою. переноси слів в заголовку розділу не допускаються. Не допускається розмішувати назву розділу, підрозділу, а також пункту та підпункту в нижній частині сторінки, якщо після нього розташований тільки один рядок тексту. Розділи повинні

мати порядкову нумерацію в межах викладання роботи та позначаються арабськими цифрами. Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається із номера розділу і порядкового номера підрозділу, які розділені крапкою. Номер пункту складається із номера розділу та порядкового номера пункту, які розділені крапкою.

Сторінки записки необхідно нумерувати арабськими цифрами, використовуючи наскрізну нумерацію по всьому тексту. Рисунки та таблиці, розташовані на окремих сторінках, включають в загальну нумерацію сторінок роботи.

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми) необхідно розташовувати після тексту, в якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації повинні бути дані посилання в записці. Ілюстрації можуть мати назви, які розміщують під інформацією. Під ілюстрацією розміщують роз'яснювальні дані (підрисуночний текст). Ілюстрація позначається словом «Рис. ...». Нумери ілюстрації складаються із номера розділу та порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою.

Таблицю необхідно розташовувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. Таблиці необхідно нумерувати арабськими цифрами порядкової нумерації в межах розділу, за виключенням таблиць, які наводяться в додатках. Номер таблиці складається із номера розділу і порядкового номера таблиці, які розділені крапкою. Номер таблиці розміщується в крайньому правому положенні на рядку. Таблиця може мати назву, яку розміщують над таблицею.

Одну примітку не нумерують. Після слова «Примітка» ставлять крапку і з прописної букви в тому ж рядку дають текст примітки. Декілька приміток нумерують послідовно арабськими цифрами з крапкою. Після слова «Примітка» ставлять дві крапки та з нового рядка з абзацу дають текст примітки.

Формули і рівняння необхідно нумерувати порядковою нумерацією в межах розділу. Номер формули складається із номера розділу та порядкового номера формули, розділених крапкою. Номер формули вказують на рівні формули в дужках в

крайньому правому положенні на рядку. Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, які входять в формулу, необхідно наводити безпосередньо під формулою і тій послідовності, в якій вони наведені в формулі. Пояснення значення кожного символу необхідно давати з нового рядка, наприклад,

Додаток повинен мати заголовок. Посередині рядка над заголовком повинно бути написано слово «Додаток А» та прописна буква, яка означає додаток. Додатки необхідно позначати послідовно прописними буквами українського алфавіту, за винятком Є, З, І, Ї, Й, О, Ї, Б. Додатки повинен мати загальну із запискою наскрізну нумерацію сторінок.

Креслення виконуються в оптимальних масштабах з урахуванням їх складності та насиченості інформацією. Масштаби на кресленнях не вказують, за винятком, які передбачені у відповідних стандартах (коли якийсь вузол, розріз, план виконаний на листі в другому масштабі, ніж інші).

Координатні осі наносять на зображення тонкими штрих пунктирними лініями з довгими штрихами, позначають арабськими цифрами і великими літерами українського алфавіту (за винятком літер З, Е, І, Ї, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ь) в кружечках діаметром 6-12 мм. Пропуски в цифрових і літерних (крім вказаних) позначеннях координатних осей не допускається. Цифрами позначають координатні осі по стороні будинку і споруди з більшою кількістю осей. Послідовність цифрових і літерних позначень координатних осей приймаються по плану зліва направо і знизу вверх.

Відмітки рівнів (висоти, глибини) устаткування, трубопроводів вказують у метрах з трьома десятинними знаками, які відокремлені комою. «Нульову» позначку, яку приймають, як правило, для поверхні якого-небудь елемента конструкції будинку чи споруди, розташованої поблизу планувальної поверхні землі, вказують без знака; відмітки вище нульової – із знаком “+”, нижче нульової – із знаком ”-“.

На розрізах і перерізах відмітки розміщуються на виносних лініях. На планах відмітки наносяться в прямокутнику.

На планах напрямом похилу площин вказують стрілкою, над якою проставляють величину похилу у відсотках (5%), або у вигляді відношення висоти і довжини (1:7). Допускається уклон вказувати в промілі ($\angle 10\%$).

На кресленнях вказується: План на відм. +221,450; План 3-3; Розріз 1-1.

В магістерській роботі бібліографічний апарат представлено цитуваннями, посиланнями та списком використаних джерел, які оформляють згідно з ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання».

Бібліографічне посилання призначено для ідентифікації, загальної характеристики та пошуку документа, що є об'єктом бібліографічного посилання (далі – об'єкт посилання). Об'єктами посилання можуть бути всі види опублікованих чи неопублікованих документів або їхні складники на будь-яких носіях інформації (зокрема в телекомунікаційних мережах). Елементи бібліографічного запису (заголовок і бібліографічний опис) та знаки пунктуації в бібліографічному посиланні, незалежно від його призначення та виду, подають згідно з ДСТУ 7.80:2007 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Заголовок. Загальні вимоги та правила склад» і ДСТУ 7.1:2006 «Бібліографічний запис, бібліографічний опис».

Загальні вимоги складання бібліографічних посилань:

* у заголовку бібліографічного запису подають відомості про одного, двох чи трьох авторів, при цьому імена цих авторів у бібліографічному описі у відомостях про відповідальність (за навскісною ризикою) не повторюють;

* за потреби у заголовку бібліографічного запису позатекстового посилання можна зазначати більше ніж три імені авторів;

* замість знака «крапка й тире» (.—), який розділяє зони бібліографічного опису, в бібліографічному посиланні рекомендовано застосовувати знак «крапка» (при цьому в межах одного документа застосування в бібліографічних посиланнях розділових знаків уніфікують);

* відомості, запозичені не з титульної сторінки документа, дозволено не брати у квадратні дужки;

* після назви дозволено не зазначати загального позначення матеріалу («Текст», «Електронний ресурс», «Карти», «Ноти» тощо – перелік згідно з ДСТУ 7.1:2006);

* у складі вихідних даних дозволено не подавати найменування (ім'я) видавця;

* у складі відомостей про фізичну характеристику документа можна зазначати або його загальний обсяг (наприклад: 285 с.), або номер сторінки, на якій подано об'єкт посилання (наприклад: С. 19);

* дозволено не наводити відомостей про серію та Міжнародний стандартний номер (ISBN, ISMN, ISSN).



Рис. 6.1. Види бібліографічних посилань

В усіх елементах бібліографічного опису (за винятком основної назви документа й відомостей, що належать до назви та містять одне слово) дозволено скорочувати окремі слова та словосполучення згідно з ДСТУ 3582:2013 «Інформація та документація. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою»; ДСТУ 6095:2009 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Правила скорочення заголовків і слів у заголовках публікацій»; ДСТУ 7093:2009 «Бібліографічний запис. Скорочення слів і словосполучень, поданих іноземними

європейськими мовами»; ГОСТ 7.12-93 «Скорочення слів російською мовою».

У бібліографічних посиланнях на складник документа у формі аналітичного бібліографічного опису розділовий знак «дві навскісні риски» («//») можна замінювати крапкою, а відомості про документ (його назву), в якому розміщено складник, виділяти шрифтом (наприклад, курсивом).

Таблиця 6.1

Приклади оформлення бібліографічного опису джерел
(ДСТУ 8302:2015)

Характеристика джерела	Приклад оформлення
Один автор	1. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод : навч. посіб. Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с.
Два автори	2. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання : підручник. К : Знання, 2009. 735 с.
Три автори	3. Орлов В.О., Зошук А.М., Мартинов С.Ю. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водопідготовки : монографія / за заг. наук. ред. В. О. Орлова. Рівне : РДТУ, 1999. 143 с.
Чотири автори	4. Міські інженерні мережі та споруди : підручник / Тугай А. М. та ін. К. : Укрґеліотех, 2010. 256 с. 5. Знезалізнєння підземних вод для питних цілей : монографія / Орлов В. О., Квартенко О. М., Мартинов С. Ю., Гордієнко Ю. І. Рівне : УДУВГП, 2003. 155 с.
П'ять і більше авторів	6. Збірник тестів з фахових дисциплін з курсу «Водопостачання» : навч. посіб. / В. О. Орлов та ін. : НУВГП, Рівне, 2007. 178 с.
Автореферати дисертацій	7. Мартинов С. Ю. Розвиток науково-технічних засад контактного знезалізнєння підземних вод за нелінійних ефектів фізико-хімічних перетворень забруднень : автореф. дис. ... д-ра. техн. наук : 05.23.04. Рівне, 2018. 36 с.
Дисертації	8. Мартинов С. Ю. Знезалізнєння води на пінополістирольних фільтрах із зростаючим шаром завислого осаду : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.04. Рівне, 2001. 150 с.
Законодавчі та норми	9. Конституція України : офіц. текст. Київ : КМ, 2015. 98 с. 10. Конституція України : станом на 1 жовтня 2017 р. / Верховна Рада України. Київ : Право, 2017. 93 с.

тивні документи	11. Про освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. Дата оновлення: 28.09.2018. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18 (дата звернення: 15.04.2020).
Патенти	12. Пінополістирольний фільтр коміркового типу : пат. 120494 Україна : МПК B01D 24/00, C02F 1/64. – № у 2017 03130 ; заявл. 03.04.17 ; опубл. 10.11.17. Бюл. № 21. 4 с.
Стандарти	13. ДСТУ 7152:2010. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 2010-02-18]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с. (Інформація та документація). 14. ДСТУ ISO 6107-1:2004. Якість води. Словник термінів. Частина 1 (ISO 6107-1:1996, ГОТ). [Чинний від 2005-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 181 с.
Тези доповіді	15. Мартинов С., Орлова А., Зошук В. Визначення раціональних параметрів роботи пінополістирольного фільтра при підготовці поверхневої води // Матеріали 3-ї міжнародної науково-практичної конференції «Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація та моніторинг». Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019 р. С. 211.
Частина видання: періодичного видання (журналу, газети)	16. Автоматизована установка дослідження процесів очищення води на напірному пінополістирольному фільтрі / Мартинов С. Ю., Зошук В. О., Орлова А. М., Гринчук О. В. // Вісник НУВГП. 36. наук. праць. Технічні науки. 2018. Вип. 2(82). С. 191–199. 17. Martynov S., Kynytskyi S., Orlova A. A Simulation study of surface water purifying through a polystyrene foam filter / S. Martynov, // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (SCOPUS). 2017. Vol. 5/10(89). P. 19–26. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.109841
Електронні ресурси	18. Мартинов С. Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Застосування КОМПАС у проектуванні водопостачання і водовідведення» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізацією «Водопостачання та водовідведення» всіх форм навчання. (03-06-97). Рівне : НУВГП, 2019. 72 с. URL: http://ep3.nuwm.edu.ua/14306/ (дата звернення: 15.04.2020).

7. Складання та структурування патенту

Законодавство України про охорону прав на винаходи (корисні моделі) базується на Конституції України і складається із Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі», Цивільного кодексу України, Закону України «Про державну таємницю» та інших нормативно-правових актів.

Винахід (корисна модель) – це результат інтелектуальної діяльності людини в будь-якій сфері технології. Правова охорона надається винаходу (корисній моделі), що не суперечить публічному порядку, принципам гуманності і моралі та відповідає умовам патентоздатності. *Винахід відповідає умовам патентоздатності*, якщо він є новим, має винахідницький рівень і є промислово придатним. *Корисна модель відповідає умовам патентоздатності*, якщо вона є новою і промислово придатною.

Новизна – винахід (корисна модель) визнається новим (новою), якщо він (вона) не є частиною рівня техніки, що містить у собі всі відомості, які стали загальнодоступними у світі до дати подання заявки.

Винахідницький рівень – винахід має винахідницький рівень, якщо для середнього фахівця в певній галузі він не є очевидним, тобто не впливає явно з рівня техніки.

Об'єктом винаходу (корисної моделі), може бути:

- * продукт;
- * процес (спосіб);
- * нове застосування відомого продукту чи процесу.

Продукт чи процес вважається відомим, якщо він розкритий у будь-якому джерелі інформації.

Продукт як об'єкт технології – це матеріальний об'єкт як результат діяльності людини (пристрій, механізм, система (комплекс) взаємодіючих пристроїв, споруда, виріб, речовина, штам мікроорганізму).

Процес як об'єкт технології – це дія або сукупність дій, виконуваних щодо продуктів та інших матеріальних об'єктів за допомогою принаймні одного продукту і спрямованих на досягнення певного технічного результату (виготовлення, обробка, переробка продукту та контролювання його якості,

перетворення речовини, енергії, даних, вимірювання параметрів, діагностування, лікування, керування процесом, який є об'єктом технології).

Не визнаються винаходами (корисними моделями): відкриття, наукові теорії та математичні методи; методи інтелектуальної, господарської, організаційної та комерційної діяльності; проекти та схеми планування споруд, будинків, територій; комп'ютерні програми.

Заявка на винахід повинна стосуватися одного винаходу або групи винаходів, пов'язаних єдиним винахідницьким задумом (вимога єдиності винаходу). Вимога єдиності винаходу визнається дотриманою, якщо:

** заявка стосується одного винаходу, тобто одного продукту, процесу (способу), у тому числі нового застосування відомого продукту чи процесу;*

** заявка стосується одного винаходу, який охарактеризований з розвитком або уточненням окремих конкретних варіантів його здійснення, що не супроводжується заміною чи вилученням окремих ознак, наведених у незалежному пункті формули винаходу;*

** заявка стосується групи винаходів, які пов'язані єдиним винахідницьким задумом.*

Оформлення документів. *Заявка повинна містити:*

** заяву про видачу патенту України на винахід (корисну модель);*

** опис винаходу (корисної моделі);*

** формулу винаходу (корисної моделі);*

** креслення (якщо на них є посилання в описі);*

** реферат.*

Документи **заявки**, а саме: заяву про видачу патенту, опис і формулу винаходу, креслення і реферат подають у трьох примірниках. Документи заявки друкують на аркушах білого паперу форматом 210х297 мм. Кожний документ заявки починають на окремому аркуші, при цьому другий і наступні аркуші нумерують арабськими цифрами. Мінімальний розмір полів аркушів опису, формули, реферату становить, мм: ліве – 25; верхнє – 20; праве і нижнє – 20. Усі документи друкують

шрифтом чорного кольору. Текст опису, формули винаходу і реферату друкують через 1,5 інтервалу не менше ніж 2,1 мм. Бібліографічні дані джерел інформації в документах заявки наводяться таким чином, щоб можна було знайти це джерело інформації.

Масштаб і чіткість графічних зображень вибирають такими, щоб при репродукуванні з лінійним зменшенням розмірів до 2/3 можливо було розпізнати всі деталі. Кожний елемент на кресленні виконують пропорційно всім іншим елементам, за винятком випадків, коли для чіткого зображення елемента необхідне розрізнення пропорцій. Розміри на кресленнях не позначають, їх наводять, за потреби, в описі. Креслення виконують без будь-яких написів, за винятком необхідних слів, таких як «вода», «пара», «відкрито», «закрито», «розріз за А-А». На одному аркуші креслення можна розмішувати декілька фігур. Елементи фігур позначають арабськими цифрами відповідно до посилань на них у описі. Кожне графічне зображення нумерується послідовно арабськими цифрами (фіг. 1, фіг. 2 тощо) незалежно від виду цього зображення (креслення, схема, діаграма тощо) і нумерації аркушів відповідно до черговості наведення їх у тексті опису. Якщо опис винаходу (корисної моделі) пояснює лише одне графічне зображення, то воно не має нумерації.

В описі, формулі і рефераті винаходу можуть бути використані математичні вирази і символи. Форма подання математичного виразу не регламентується. Усі літерні позначення, які є в математичних формулах, мають бути розшифровані. При цьому розшифрування літерних позначень подають у порядку їх використання в формулі. Для позначення інтервалів між величинами допускається використання знаку «-» (від і до), в інших випадках слід писати словами «від» і «до». При вираженні величин у відсотках знак відсотка (%) слід ставити після числа. Якщо величин декілька, то знак відсотка ставлять перед їх переліком і відокремлюють від них двокрапкою. Математичні позначення ">", "<", "=" та інші використовуються лише в математичних формулах, а в тексті їх слід писати словами (більше, менше, дорівнює тощо). Перенос у

математичних формулах допускається лише по знаку. Пояснення до математичної формули слід писати стовпцем і після кожного рядка ставити крапку з комою.

Загальні вимоги до змісту документів заявки. Заявку складають українською мовою. У формулі, описі, рефераті і пояснювальних матеріалах до опису використовують, як правило, стандартизовані терміни і скорочення, а за їх відсутності – загальновживані в науковій і технічній літературі.

У описі, формулі винаходу (корисної моделі) та рефераті необхідно зберігати єдиність термінології. Вимога єдиності термінології стосується також умовних позначень і розмірності фізичних одиниць, які використовуються в матеріалах заявки.

Заява про видачу патенту України на винахід (корисну модель) слід подавати українською мовою за встановленою формою (ознайомитися самостійно).

[illegible]

Рис. 7.1. Заява на видачу патенту

Опис винаходу (корисної моделі). Опис повинен розкривати суть винаходу настільки ясно і повно, щоб його міг здійснити фахівець у зазначеній галузі. Опис починається із зазначення індексу рубрики діючої редакції МПК, до якої

належить винахід, назви винаходу і містить такі розділи:

- * галузь техніки, до якої належить винахід;
- * рівень техніки;
- * суть винаходу;
- * перелік фігур креслення (якщо на них є посилання в описі);
- * відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу.

Назва винаходу повинна відповідати суті і, як правило, характеризувати його призначення. У наступному розділі зазначають галузь техніки, до якої належить винахід, а також, за потреби, галузь застосування винаходу. Якщо таких галузей декілька, то зазначають ті з них, які мають перевагу.

Пінополістирольний фільтр коміркового типу

Корисна модель відноситься до галузі водопостачання, а саме, очищення природних вод зернистими засипками, зокрема, контактного знезалізнення підземних вод.

У розділі «Рівень техніки» наводять рівень техніки, відомий заявнику і який можна вважати корисним для розуміння винаходу і його зв'язку з відомим рівнем. Зокрема, наводять дані про відомі заявнику аналоги винаходу з виділенням серед них аналога, найбільш близького за сукупністю ознак до винаходу.

Аналог винаходу – це засіб того самого призначення, який відомий з джерел, що стали загальнодоступними до дати подання заявки до Установи, або, якщо заявлено пріоритет, до дати пріоритету, і характеризується сукупністю ознак, подібних до сукупності суттєвих ознак винаходу. Якщо аналогів декілька, то останнім описують найближчий аналог (прототип). При описуванні кожного з аналогів наводять бібліографічні дані джерела інформації, де він розкритий, його ознаки із зазначенням тих з них, що збігаються з суттєвими ознаками винаходу, та зазначають відомі заявнику причини, що перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату. Для виявлення та обґрунтування причин, що перешкоджають при використанні найближчого аналога одержанню очікуваного технічного результату, необхідно проаналізувати технічні властивості аналога, обумовлені сукупністю притаманних йому

ознак, характер виявлення цих властивостей при його використанні і показати їх недостатність для досягнення очікуваного технічного результату.

Відомий фільтр для очистки води від заліза [1], який складається з корпусу фільтра з пінополістирольною засипкою, утримуючої конструкції, трубопроводу подавання підземної води, трубопроводу знезалізненої води, повітровідділювача, трубопроводу промивної води з трубкою зриву вакууму.

Недоліком в роботі фільтра для очистки води від заліза є потреба в накопиченні в надфільтровому просторі значного об'єму води на промивання пінополістирольної засипки. Цей об'єм води накопичується після промивання певний час, впродовж якого споживач не отримує знезалізнену воду з фільтра.

Найближчою до пропонованої корисної моделі за сукупністю ознак та результатом, що досягається, є безнапірна фільтрувальна установка для знезалізнення води [2], яка складається з корпусу фільтра, в якому розміщена пінополістирольна засипка, що знаходиться в затопленому стані за допомогою утримуючої конструкції, трубопроводу подавання підземної води, повітровідділювача, трубопроводу аерованої води, трубопроводу знезалізненої води, трубопроводу промивної води з промивним гідрозатвором до перегину якого приєднана трубка зриву вакууму, інший кінець якої розміщено в надфільтровому просторі.

Недоліками в роботі установки є низька ефективність аерації води, що знижує ефективність затримання сполук заліза на пінополістирольній засипці, потреба в накопиченні для кожного фільтра в надфільтровому просторі об'єму води на одне промивання. Це значно збільшує висоту кожного фільтра, а, отже, і висоту будівлі, де вони розміщуються. Недостатність об'єму промивної води, що накопичується в надфільтровому просторі, призводить до неповного промивання пінополістирольної засипки. Це викликає поступове збільшення залишкових забруднень у пінополістирольній засипці, зростання початкових втрат напору, колюматцію пінополістирольної засипки, зменшення тривалості фільтрування, погіршення якості знезалізнення води.

Все це робить обмеженим широке використання даної установки для знезалізнення підземної води.

Суть винаходу виражається сукупністю суттєвих ознак,

достатніх для досягнення технічного результату, який забезпечує винахід. Ознаки належать до суттєвих, якщо вони впливають на технічний результат, якого можна досягти, тобто перебувають у причинно-наслідковому зв'язку із зазначеним результатом. У цьому розділі детально розкривають технічну задачу, на вирішення якої направлений винахід та технічний результат, якого можна досягти при здійсненні винаходу. Технічна задача, як правило, полягає у створенні об'єкта, характеристики якого відповідають заданим вимогам. Цим об'єктом може бути пристрій, спосіб тощо. Під технічним результатом розуміють виявлення нових властивостей або покращання характеристик відомих властивостей об'єкта винаходу, що можуть бути одержані при здійсненні винаходу. Технічний результат може бути виражений, наприклад, у зменшенні чи збільшенні крутного моменту, у зниженні чи підвищенні коефіцієнта тертя, зменшенні чи збільшенні частоти або амплітуди коливальних, у зменшенні спотворень сигналу, у структурному перетворенні в процесі кристалізації, у поліпшенні контакту робочого органу із середовищем тощо. Технічним результатом може бути одержання технічних засобів певного призначення уперше. Рекомендується навести також й інші відомі заявнику види технічного результату, одержання яких забезпечує винахід, у тому числі і в конкретних формах його використання.

Задачею корисної моделі, що пропонується, є підвищення ступеню незалізнення води та зменшення висоти надфільтрового простру фільтрів.

Дана задача досягається тим, що в пінополістирольному фільтрі коміркового типу, який складається з корпусу фільтра, в якому розміщена пінополістирольна засипка, що знаходиться в затопленому стані за допомогою утримуючої конструкції, трубопроводу подавання підземної води, повітровідділювача, трубопроводів аерованої, незалізненої та промивної вод з промивним гідрозатвором до перегину якого приєднана трубка зливу вакууму, інший кінець якої розміщено в надфільтровому просторі, на кінці трубопроводу подавання підземної води влаштований аераційний вузол в складі вакуумно-ежекційного аератора з струменевідбивною чашею, підфільтровий простір розділений вертикальними перегородками на

окремі комірки з окремими нижніми дренажними системами, трубопроводами аерованої та промивної води, а надфільтровий простір влаштований спільним для всіх комірок.

При проходженні води через вакуумно-ежекційний аератор відбувається її насичення киснем повітря під високим тиском, що забезпечує підвищену концентрацію кисню у воді, тобто підсилену аерацію води. При потраплянні води на струменевідбивну чашу відбувається значне подрібнення води, що збільшує площу її контакту з повітрям, ефективну дегазацію розчинених у воді газів (вуглекислота, сірководень, метан тощо) та вторинне насичення киснем повітря. Це дозволяє підвищити величини окисно-відновного потенціалу та водневого показника води, збільшити інтенсивність контакту води з киснем повітря, що покращує процеси окислення закисного заліза та підвищує ефективність його подальшого затримання на пінополістирольній засипці. Розділення підфільтрового простру фільтра вертикальними перегородками на окремі комірки дозволяє по чергово здійснювати їх промивання, що зменшує висоту об'єднаного надфільтрового простору пінополістирольного фільтра коміркового типу залежно від кількості влаштованих секцій. При влаштуванні однієї секції потрібна висота промивного об'єму води, що зберігається в надфільтровому просторі, становить 3,6 м, двох – 1,56 м, чотирьох – 0,55 м. Достатній запас промивної води дозволяє, за потребою, проводити промивання пінополістирольної засипки з більшими значеннями інтенсивностей та тривалостей промивання в залежності від сезонних змін хімічних показників якості підземної води та інтенсивності експлуатації фільтрувального обладнання. Це забезпечує потрібну ефективність промивання пінополістирольної засипки та дозволяє підтримувати стабільно високу ефективність незалізнення води.

У розділі опису «Перелік фігур креслення», крім переліку фігур, наводять стислі пояснення того, що зображено на кожній з них. Якщо суть винаходу пояснюють інші ілюстративні матеріали (наприклад, фотографії), то наводять стисле пояснення їх змісту. Таблиці нумерують окремо.

На фіг. 1 зображений вертикальний розріз пінополістирольного фільтра коміркового типу, на фіг. 2 зображений розріз пінополістирольного фільтра коміркового типу вище нижніх дренажних систем, на фіг. 3 зображений вид зверху

пінополістирольного фільтра коміркового типу.

Пінополістирольний фільтр коміркового типу, який має чотири комірки, складається з корпусу фільтра 1, в якому розміщена нижня дренажна система 2, пінополістирольна засипка 3, яка знаходиться в затопленому стані за допомогою утримуючої конструкції 4, що розділяє фільтр на надфільтровий 5 та підфільтровий 6 простори, трубопроводу подавання підземної води 7, аераційного вузла 8 в складі вакуумно-ежекційного аератора з струменевідбивною чашею, повітровідділювача 9, трубопроводів аерованої води 10, незалізненої води 11, промивної води 12, на якому влаштований промивний гідрозатвор 13, до перегину якого одним кінцем підключена трубка зриву вакууму 14, а іншим кінцем занурена в надфільтровий простір 5, вертикальних перегородок 15, що розділяють підфільтровий простір 6 на окремі комірки.

У розділі «Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу» розкривають можливість одержання зазначеного в розділі «Суть винаходу» технічного результату при здійсненні винаходу. Можливість здійснення винаходу, суть якого характеризують з використанням ознаки, яку подано загальним поняттям, зокрема, на рівні функціонального узагальнення, підтверджують або описом засобу для реалізації цієї ознаки безпосередньо в матеріалах заявки, або посиланням на відомість такого засобу чи методів його одержання. Якщо для характеристики винаходу використовують виражені у вигляді інтервалу значень кількісні ознаки, то у прикладах здійснення винаходу мають бути наведені відомості, що підтверджують можливість одержання технічного результату у межах зазначеного інтервалу.

Принцип роботи пінополістирольного фільтра коміркового типу наступний. В режимі фільтрування артезіанська вода по трубопроводу подавання підземної води 7 надходить в аераційний вузол 8, де відбувається її насичення киснем повітря та видалення розчинених газів (сірководень, вуглекислота, метан тощо), що сприяє підвищенню окислювально-відновного потенціалу та водневого показника води. Далі вода потрапляє в повітровідділювач 9, де відбувається видалення розчинених газів та по трубопроводу аерованої води 10 надходить у підфільтровий простір 6 чотирьох комірок, які розділені вертикальними перегородками 15. Вода,

проходячи висхідним потоком пінополістирольну засипку 3, очищається від заліза та збирається в надфільтровому просторі 5. Звідси самопливом, по трубопроводу знезалізненої води 11, відводиться споживачам.

Пінополістирольна засипка 3 кожної комірки промивається по чергово знезалізненою водою з об'єднаного надфільтрового простору шляхом закриття засувки на відповідному трубопроводі аерованої води 10 та відкриття засувки на відповідному трубопроводі промивної води 12. Вода з надфільтрового простору 5 рухаючись вниз, розширює пінополістирольну засипку 3, вимиваючи з неї накопичені забруднення, через нижню дренажну систему 2 відводиться трубопроводом промивної води 12 в каналізацію. При зниженні рівня води в надфільтровому просторі 5 нижче торця трубки зриву вакууму 14 потрапляє повітря в промивний гідроатвор 13, що запобігає виносу пінополістирольної засипки 3 разом з промивною водою в каналізацію. При промиванні однієї комірки, через інші здійснюється фільтрування води, що додатково поповнює надфільтровий простір. Підніманням або опусканням торця трубки зриву вакууму 14 можна регулювати тривалість промивання.

Закриття засувки на трубопроводі промивної води 12 та відкриття засувки на трубопроводі аерованої води 10 переводить комірку з режиму промивання в режим фільтрування.

В порівнянні з іншими фільтрами знезалізнення підземної води, даний пінополістирольний фільтр коміркового типу дозволяє забезпечити високу ефективність очищення води від сполук заліза, ефективно знезалізнювати воду з більшими концентраціями закисного заліза та розчинених газів, зменшити загальну висоту фільтрів та затрати на влаштування стінок фільтра, що зменшує капітальні затрати, відмовитися від насосів та трубопроводів для подавання промивної води у надфільтровий простір, спростити експлуатацію, забезпечити надійнішу роботу та меншу собівартість знезалізненої води.

Джерела інформації:

1. Пат. на корисну модель 32074 А Україна, МПК В01D 21/00, С02F 1/64. Безнапірна фільтрувальна установка для знезалізнення води / В. О. Орлов, А. М. Зоцук, С. Ю. Мартинов : заявник та патентовласник В. О. Орлов, А. М. Зоцук, С. Ю. Мартинов. – № 98126750 ; заявл. 22.12.98 ; опубл. 15.12.00. Бюл. № 7.
2. Пат. на корисну модель 99501 Україна, МПК В 01 D 24/00, С 02 F 1/64. Безнапірна фільтрувальна установка для знезалізнення води / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов, С. О. Куницький, К. С. Корнійчук :

заявник та патентовласник Національний університет водного господарства та природокористування. – № и 2014 13283 ; заявл. 11.12.14 ; опубл. 10.06.15. Бюл. № 11.

*Проректор з наукової роботи та
міжнародних зв'язків*

Савіна Н.Б.

Формула винаходу (корисної моделі) призначена для визначення обсягу правової охорони, яка надається патентом. Вона повинна виражати його суть і викладатися ясно та стисло.

Формула винаходу визнається такою, що виражає суть винаходу, якщо вона містить сукупність його суттєвих ознак, достатню для досягнення зазначеного заявником технічного результату. Вона повинна базуватися на описі й характеризувати винахід тими самими поняттями, що містить опис винаходу.

Ознаки винаходу у формулі винаходу викладають таким чином, щоб забезпечити можливість їх ідентифікації, тобто однозначного розуміння їх змісту фахівцем на основі відомого рівня техніки.

Ознаку винаходу доцільно характеризувати загальним поняттям (що виражає функцію, властивість тощо), яке охоплює різні окремі форми його реалізації, якщо саме ці характеристики, які містяться в загальному понятті, забезпечують у сукупності з іншими ознаками досягнення зазначеного заявником технічного результату. Якщо таке поняття відсутнє або узагальнення неправомірне, то ознака винаходу може бути виражена як альтернатива. Ознака винаходу може бути виражена як альтернатива за умови, що така ознака при будь-якому зазначеному в альтернативі виборі у сукупності з іншими ознаками забезпечує досягнення одного і того самого технічного результату.

Структура формули винаходу може бути одноланковою чи багатоланковою і включати відповідно один або декілька пунктів. Одноланкову формулу винаходу застосовують для характеристики одного винаходу сукупністю суттєвих ознак, які не мають розвитку чи уточнення щодо окремих випадків його виконання або використання. Багатоланкову формулу винаходу застосовують для характеристики одного винаходу з розвитком і

(або) уточненням сукупності його ознак стосовно деяких випадків виконання і використання винаходу (корисної моделі) або для характеристики групи винаходів.

Пункт формули винаходу (корисної моделі) складається, як правило, з обмежувальної частини, яка включає ознаки винаходу (корисної моделі), які збігаються з ознаками найближчого аналога, у тому числі родове поняття, що характеризує призначення об'єкта, та відмітної частини, яка включає ознаки, що відрізняють винахід від найближчого аналога. Обмежувальна й відмітна частини пункту формули відокремлюються одна від одної виразом «який (яка, яке) відрізняється тим, що...». Без поділу на обмежувальну й відмітну частини, складають формулу винаходу, яка характеризує: нове застосування відомого продукту чи процесу; винахід, що не має аналогів.

Формулу (або кожний пункт багатоланкової формули) викладають одним реченням.

Формула корисної моделі

Пінополістирольний фільтр коміркового типу, який складається з корпусу фільтра, в якому розміщена пінополістирольна засипка, що знаходиться в затопленому стані за допомогою утримуючої конструкції, трубопроводу подавання підземної води, повітровідділювача, трубопроводів аерованої, незалізненої та промивної вод з промивним гідрозатором до перегину якого приєднана трубка зливу вакууму, інший кінець якої розміщено в надфільтровому просторі, відрізняється тим, що на кінці трубопроводу подавання підземної води влаштований аераційний вузол в складі вакуумно-ежекційного аератора з струменевідбивною чашею, підфільтровий простір розділений вертикальними перегородками на окремі комірки з окремими нижніми дренажними системами, трубопроводами аерованої та промивної води, а надфільтровий простір влаштований спільним для всіх комірок.

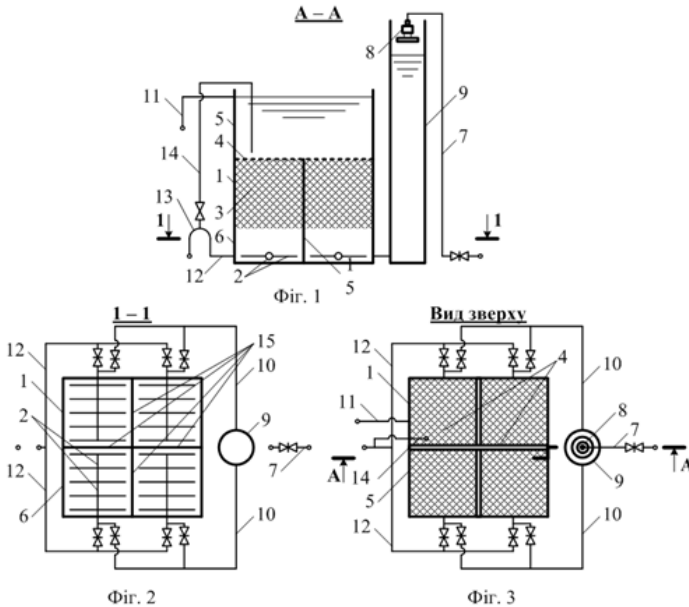
*Проректор з наукової роботи та
міжнародних зв'язків*

Савіна Н.Б.

Креслення. Графічні зображення (власне креслення, схеми, діаграми тощо) оформлюють на окремому аркуші (окремих

аркушах). У правому верхньому куті кожного аркуша зазначають назву винаходу (корисної моделі). Для пояснення суті винаходу (корисної моделі) як додаток до інших графічних матеріалів можуть бути подані фотографії.

Пінополістирольний фільтр комірковий типу



Реферат. Реферат є скороченим викладом змісту опису винаходу, який включає назву винаходу, характеристику галузі техніки, якої стосується винахід, і (або) галузь його застосування, якщо це не зрозуміло з назви, характеристику суті винаходу із зазначенням технічного результату, якого мають досягти. Суть винаходу в рефераті характеризують шляхом вільного викладу формули, переважно такого, при якому зберігаються всі суттєві ознаки кожного незалежного пункту.

Реферат складають лише з інформаційною метою. Він не може братися до уваги з іншою метою, зокрема для тлумачення формули винаходу і визначення рівня техніки. Реферат складають таким чином, щоб він міг служити ефективним

засобом пошуку у відповідній галузі техніки.

Рекомендований обсяг тексту реферату становить до 1000 знаків. Текст реферату слід викладати окремими короткими реченнями і уникати складних у стилістичному плані зворотів. Математичні та хімічні формули, а також креслення можуть бути включені до реферату, якщо без них скласти реферат неможливо. Креслення, наведені в рефераті, мають бути виконані на окремому аркуші і додаватися до реферату.

Реферат може містити також деякі додаткові відомості, зокрема посилання на кількість незалежних і залежних пунктів формули винаходу (корисної моделі), графічних зображень, таблиць.

Пінополістирольний фільтр коміркового типу

Корисна модель відноситься до галузі водопостачання, а саме, очищення природних вод зернистими засипками, зокрема, контактного знезалізнєння підземних вод.

Задачею даної корисної моделі є підвищення ступеню знезалізнєння води та зменшення висоти надфільтрового простру фільтрів.

Дана задача досягається тим, що в пінополістирольному фільтрі коміркового типу, який складається з корпусу фільтра, в якому розміщена пінополістирольна засипка, що знаходиться в затопленому стані за допомогою утримуючої конструкції, трубопроводу подавання підземної води, повітровідділювача, трубопроводів аерованої, знезалізнєної та промивної вод з промивним гідрозатвором до перегину якого приєднана трубка зливу вакууму, інший кінець якої розміщено в надфільтровому просторі, на кінці трубопроводу подавання підземної води влаштований аераційний вузол в складі вакуумно-ежекційного аератора з струменевідбивною чашею, підфільтровий простір розділений вертикальними перегородками на окремі комірки з окремими нижніми дренажними системами, трубопроводами аерованої та промивної води, а надфільтровий простір влаштований спільним для всіх комірок.

В порівнянні з іншими фільтрами знезалізнєння підземної води, даний пінополістирольний фільтр коміркового типу дозволяє забезпечити високу ефективність очищення води від сполук заліза, ефективно знезалізнювати воду з більшими концентраціями закисного заліза та розчинених газів, зменшити загальну висоту фільтрів та затрати на влаштування стінок фільтра, що зменшує капітальні затрати, відмовитися від насосів та трубопроводів для подавання

промивної води у надфільтровий простір, спростити експлуатацію, забезпечити надійнішу роботу та меншу собівартість незалізненої води.

Особливості змісту заявки на винахід щодо пристрою.

Для характеристики об'єкта винаходу «пристрій» використовують, зокрема, такі ознаки:

- * наявність конструктивного (конструктивних) елемента (елементів);

- * наявність зв'язків між елементами;

- * взаємне розташування елементів;

- * форму виконання елемента (елементів) або пристрою в цілому;

- * форму виконання зв'язків між елементами;

- * параметри та інші характеристики елемента (елементів) та їх взаємозв'язок;

- * матеріал, з якого виготовлено елемент (елементи) або пристрій в цілому, середовище, що виконує функцію елемента, та інші характеристики.

Особливості викладення опису винаходу. У розділі опису «Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу» наводять опис пристрою в статичному стані. При описуванні конструктивних елементів пристрою дають посилання на фігури креслень. Після описування пристрою в статичному стані описують дію (роботу) пристрою або спосіб його використання з посиланням на цифрові позначення елементів конструкції, які зображені на кресленнях і, за потреби, на інші ілюстративні матеріали (епюри, часові діаграми тощо).

Якщо пристрій містить елемент, охарактеризований на функціональному рівні, і форма його реалізації передбачає використання багатофункціонального засобу, що програмується (настроюється), то наводять відомості, які підтверджують можливість здійснення таким засобом конкретної, призначеної йому в складі даного пристрою функції. Якщо, крім таких відомостей, наводять алгоритм, наприклад обчислювальний, то його переважно подають у вигляді блок-схеми або, якщо це можливо, у вигляді відповідного математичного виразу.

Особливості формули винаходу. Пристрій у формулі

характеризують у статичному стані. У формулі можна зазначити про можливість реалізації елементом пристрою певної функції, про виконання елемента рухомим, наприклад, з можливістю повертання або обертання тощо. Для усунення невизначеності при характеристиці пристрою сукупність його ознак повинна вказувати не лише на наявність елементів, а й на зв'язки між ними і/або їхнє взаємне розташування.

Особливості змісту заявки на винахід щодо процесу (способу). Для характеристики об'єкта винаходу «процес» використовують, зокрема, такі ознаки:

- * наявність дії або сукупності дій;
- * порядок виконання таких дій у часі (послідовно, одночасно, у різних сполученнях тощо);
- * умови виконання дій: режим, використання речовин (вихідної сировини, реагентів, каталізаторів тощо), пристроїв (приспосовувань, інструментів, обладнання тощо).

Особливості викладення опису винаходу. У розділі опису «Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу» наводять посилання на послідовність дій (заходів, операцій) щодо матеріальних об'єктів, а також на умови проведення цих дій, конкретні режими (температура, тиск тощо) і, якщо це необхідно, на пристрої, речовини, штами мікроорганізмів, які при цьому використовують. Для винаходу, що є процесом одержання виробу, деякі елементи якого чи сам виріб виготовлені з матеріалу невизначеного складу і структури, наводять дані про властивості використовованого матеріалу та експлуатаційні характеристики цих елементів і (або) виробу в цілому.

Особливості формули винаходу. Для усунення невизначеності при характеристиці процесу сукупність його ознак повинна вказувати не лише на наявність дій з матеріальними об'єктами, а і на порядок (послідовність) їх виконання в часі. Для характеристики дії (заходу, операції тощо) як ознаки процесу треба використовувати дієслова активного стану, дійсного способу, теперішнього часу, третьої особи множини, наприклад, «нагрівають», «зволожують», «загартовують» тощо.

Особливості змісту заявки на винахід щодо нового застосування відомого продукту чи процесу. Для характеристики об'єкта винаходу використовують такі ознаки:

- * коротка характеристика об'єкта, що застосовується, достатня для його ідентифікації;

- * зазначення нового призначення цього об'єкта.

Особливості викладення опису винаходу. Назва винаходу повинна починатися зі слова «Застосування», після якого наводиться назва відомого продукту або процесу і зазначається його нове застосування. При описуванні рівня техніки аналогами об'єкта винаходу мають бути відомі продукти чи процеси (способи) того самого призначення, що й винахід.

При описуванні винаходу наводять характеристику відомого об'єкта, а також відомості щодо його відомого і нового застосування і, якщо це можливо, відомості щодо властивостей, які обумовлюють можливість його нового застосування.

Особливості формули винаходу. Формула має таку структуру: «Застосування ... (дають назву чи характеристику продукту чи процесу) як ... (зазначають нове призначення зазначеного продукту чи процесу)».

II. САМОСТІЙНА РОБОТА

Якісна освіта є запорукою майбутнього країни, важливою складовою її національної ідентичності та державного добробуту. Самостійна робота студента є основним засобом засвоєння студентом навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Пізнавальна діяльність студентів у процесі виконання самостійної роботи характеризується високим рівнем самостійності та сприяє залученню студентів до творчої активності.

Підсумком самостійної роботи над вивченням навчальної дисципліни «Методологія наукових досліджень» є самостійне опрацювання рекомендованих тем:

1. Фізичне та математичне моделювання у водопостачанні та водовідведенні.
2. Статистичні методи оцінки вимірів в експерименті.
3. Методика проведення і аналізу експериментальних досліджень.
4. Оформлення результатів наукових досліджень.
5. Економічна оцінка результатів досліджень та їх впровадження.
6. Ліцензування наукових розробок.
7. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах прояснення та знебарвлення води.
8. Шляхи інтенсифікації знезалізнення підземних вод.

Звіт з самостійної роботи оформлюється на стандартному папері формату А4 (210x297) з одного боку. Поля: верхнє, праве, ліве – 20 мм, нижнє – 22 мм, ліве. У тексті повинні бути зазначені посилання на використану літературу.

Звіт може бути рукописним або друкованим і виконується українською мовою.

На титульній сторінці звіту мають бути зазначені назва кафедри, навчальна дисципліна, прізвище та ініціали здобувача вищої освіти, група, прізвище та ініціали викладача, який приймає роботу, посада.

Загальний обсяг звіту – 10-15 сторінок. Звіт включає зміст, основну частину, висновки, список використаної літератури та

додатки (за необхідності).

Захист звіту про самостійну роботу проводиться у терміни, спільно обумовлені викладачем і здобувачем вищої освіти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Астрелін І. М., Концевой А. Л., Концевой С. А. Основи наукових досліджень : навч. посібн. К : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 315 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/20579> (дата звернення 15.04.2020)
2. Білик В. М., Костирко В.С. Інформаційні технології і системи : навч. посібн. Київ : ЦНЛ, 2006. 232 с.
3. Гіроль М. М., Гіроль А. М., Гіроль А. М. Технології водовідведення промислових підприємств : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 625 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/3204/> (дата звернення 15.04.2020)
4. Грушко И. М., Сиденко В. М. Основы научных исследований. 3-е изд., перераб. и доп. Харьков : Вища школа, 1983. 224 с.
5. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 172 с.
6. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 219 с.
7. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [На заміну ДСТУ 3008-95; чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 51 с.
8. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації. [На заміну ДСТУ Б А.2.4.-4-99 (ГОСТ 21.101-97); чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 51 с.
9. Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи НУВГП. URL: <http://nuwm.edu.ua/nni-ba/kaf-vvbs> (дата

- звернення:15.04.2020).
- 10.Кичигин В. И. Моделирование процессов очистки воды : учебн. пособ. М. : Изд-во АСВ, 2003. 230 с.
 - 11.Кір'янов В. М. Основи наукових досліджень : навч. посібн. Рівне : НУБГП, 2007. 286 с.
 - 12.Клименко М. О., Фещенко В. П., Вознюк Н. М. Основи та методологія наукових досліджень : навч. посіб. К. : Аграрна освіта, 2010. 315 с. URL: <http://nmcbook.com.ua/> (дата звернення 15.04.2020)
 - 13.Ковальчук В. А. Очистка стічних вод: навч. посіб. Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с.
 - 14.Малигіна В. Д., Холодова О. Ю, Акімова Л. М. Методологія наукових досліджень : монографія. Рівне : НУБГП, 2016. 247 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/3888/> (дата звернення 15.04.2020)
 - 15.Мартинов С. Ю., Орлов В. О. Інформаційні технології в наукових розробках : навч. посіб. Рівне : НУБГП, 2013. 184 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2391/> (дата звернення 15.04.2020)
 - 16.Наукова бібліотека НУБГП (м. Рівне, вул. Олексі Новака, 75). URL: <http://lib.nuwm.edu.ua/> (дата звернення: 21.02.2020).
 - 17.Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/> (дата звернення: 15.04.2020).
 - 18.Обласна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6). URL: <http://www.lib.rv.ua/> (дата звернення: 21.02.2020).
 - 19.Орлов В. О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. Рівне : НУБГП, 2005. 163 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2250/> (дата звернення 15.04.2020)
 - 20.Орлов В. О., Литвиненко Л. Л., Квартенко О. М. Обладнання та експлуатація систем водопостачання і водовідведення : навч. посіб. Рівне : НУБГП, 2011. 288 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2175/> (дата звернення 15.04.2020)
 - 21.Орлов В. О., Литвиненко Л. Л., Орлова А. М. Водопостачання промислових підприємств: навч. посібн. К. : Знання, 2014. 278 с.
 - 22.Орлов В. О., Мартинов С. Ю., Зошук А. М. Проектування станцій прояснення та знебарвлення води : навч. посіб. Рівне

- : НУВГП, 2006. – 252 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2251/> (дата звернення 15.04.2020)
23. Орлов В. О., Тугай Я. А., Орлова А. М. Водопостачання та водовідведення : підручник. К. : Знання, 2011. 359 с.
24. Орлов В. О., Шадура В. О., Назаров С. М. Інтенсифікація та реконструкція систем водопостачання : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 265 с. . URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2313/> (дата звернення 15.04.2020)
25. Орлов В.О., Зошук А.М., Мартинов С.Ю. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водопідготовки. (Під редакцією В.О. Орлова). Рівне : РДТУ. 1999. 143 с.
26. Орлов В.О., Квартенко О.М., Мартинов С.Ю., Гордієнко Ю.І. Знезалізнення підземних вод для питних цілей. Рівне : УДУВГП, 2003. 155 с.
27. Охримюк Б.Ф. Водовідведення та очищення стічних вод. Ч.1. Водовідні мережі і споруди: Навч. посібник / Під ред. А.І. Мацнева. Рівне : РДТУ, 1999. 203 с.
28. Підготовка води на пінополістирольних фільтрах : монографія / Орлов В. О., Мартинов С. Ю., Орлова А. М. та ін. ; під заг. ред. С. Ю. Мартинова. Рівне : НУВГП, 2017. 175 с.
29. Про затвердження Правил складання і подання заявки на винахід та заявки на корисну модель : Наказ Міністерства освіти і науки України від 22.01.2001 № 22. Дата оновлення: 14.06.2011. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0173-01&print=1> (дата звернення: 15.04.2020).
30. Про охорону прав на винаходи і корисні моделі : Закон України від 23.12.1993 р. № 3769-XII. Дата оновлення: 16.10.2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3687-12> (дата звернення: 15.04.2020).
31. Рівненська централізована бібліотечна система (м. Рівне, вул. Київська, 44). URL: <http://cbs.rv.ua/> (дата звернення: 15.04.2020).
32. Сайт Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності» «Укрпатент». URL: <https://ukrpatent.org/uk> (дата звернення 15.04.2020)

33. Системи водовідведення : навч. посіб. / Гіроль М., Охримюк Б., Собчук Г., Лагуд Г. Рівне : НУВГП, 2011. 444 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/2384> (дата звернення 15.04.2020)
34. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: Підручник. К : Знання, 2009. 735 с.
35. Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О. Буріння свердловин для водопостачання. Підручник. Рівне : РДТУ, 2000. 140 с.
36. Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О. Бурова справа в водопостачанні. Рівне : НУВГП, 2004. 268 с.
37. Швець Ф. Д. Методологія та організація наукових досліджень : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2016. 151 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/3946/> (дата звернення 15.04.2020)